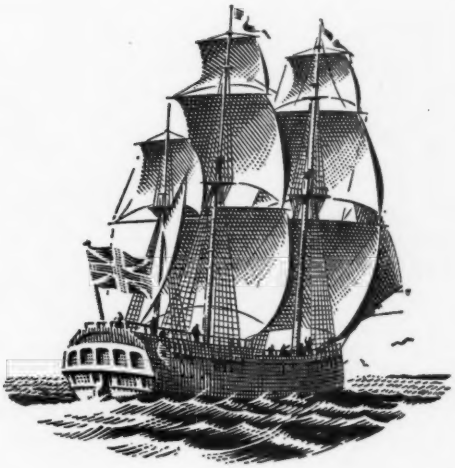
ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad



VOLUMEN XIV · 1955

INDICE DE AUTORES

ALDINGTON, J. N. y CUMMING, H. W.: El germanio y sus aplicaciones. 200.
APPLETON, Sir EDWARD: Tempestades en la ionosfera. 24.
AUDUS, L. J.: Las sustancias de crecimiento y el desarrollo de las plantas. 205.
BIJVOET, J. M.: Determinación de la configuración absoluta de los antípodas ópticos. 71.
BRADLEY, D. C.: *Vid.* WARDLAW, W. y BRADLEY, D. C.
BURNET, Sir MACFARLANE: La paradoja del virus de la gripe. 5.
COCKCROFT, Sir JOHN y PICKAVANCE, T. G.: Aceleradores de partículas de alta energía. 61.
CUMMING, H. W.: *Vid.* ALDINGTON, J. N. y CUMMING, H. W.
EDITORIAL
Carl Friedrich Gauss (1777–1855). 3.
El Año Geofísico Internacional. 59.
Joseph Black. 115.
La ciencia y la imaginación. 171.
FOX, H. MUNRO: Los colores de los animales. 40.
FREY-WYSSLING, A.: La citología vegetal y el microscopio electrónico. 34.
GLUECKAUF, E.: Aspecto químico de la industria atómica. 83.
HARDIE, D. W. F.: Los Muspratt y la industria química británica. 29.
HOLMES, W.: Los cambios de color de los cefalópodos. 78.
HOLMYARD, E. J.: La alquimia en el Islam medieval. 117.
JONES, Sir HAROLD SPENCER: Historia del cronómetro marino. 212.
KNOWLES, Sir FRANCIS: Los cambios de color en los crustáceos y la neurosecreción. 95.
PICKAVANCE, T. G.: *Vid.* COCKCROFT, Sir JOHN y PICKAVANCE, T. G.
PRICE, D. J.: Los antiguos fabricantes ingleses de instrumentos. 90.
RIMINGTON, C.: Las porfirinas. 126.
RUNCORN, S. K.: La magnetización permanente de las rocas. 152.
SINGER, C.: El primer microscopista inglés: Robert Hooke (1635–1703). 12.
SNOW, R.: Algunos problemas de filotaxia y determinación de la hoja. 190.
WALLIS, F. S.: La contribución de la petrología a los estudios arqueológicos en la Gran Bretaña. 146.
WARDLAW, W. y BRADLEY, D. C.: Los compuestos orgánicos de los metales. 140.
WHITTINGHAM, C. P.: Fotosíntesis. 173.
WILLMER, E. N.: Los doce blancos. 19.
WYLIE, ANN: La historia de las rosas de cultivo. 181.
YONGE, C. M.: George Johnston y la Ray Society. 136.

REVISTA DE LIBROS

ADAMS, ROGER (Compilador): Organic reactions, Vol. VIII. 164.
ALFVÉN, H.: On the Origin of the Solar System. 47.
American Men of Science (9a edición), Vol. I (Ciencias Físicas). 219.
ANDRADE, E. N. DA C.: Sir Isaac Newton. 48.
BADGER, G. M.: The Structures and Reactions of the Aromatic Compounds. 109.
BARKER, T. C. y HARRIS, J. R.: A Merseyside Town in the Industrial Revolution: St. Helens 1750–1900. 107.
BARLOW, R. B.: Introduction to Chemical Pharmacology. 224.
BELLAMY, L. J.: The Infra-red Spectra of Complex Molecules. 106.
BENNETT, C. A. y FRANKLIN, N. L.: Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry. 224.
BENTLEY, K. W.: The Chemistry of the Morphine Alkaloids. 109.
BERNAL, J. D.: Science in History. 105.
BERRY, A. J.: From Classical to Modern Chemistry. 109.
BORN, MAX y HUANG, KUN: Dynamical Theory of Crystal Lattices. 162.
British Pharmaceutical Codex 1954. 106.
CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. (Compilador): Biology of Deserts. 219.
DAVIES, OWEN L. (Compilador): The Design and Analysis of Industrial Experiments. 51.
DE LA RUE, E. AUBERT: Man and the Winds. 225.
DE MORGAN, AUGUSTUS: A Budget of Paradoxes. 224.
DIRINGER, DAVID: The Hand Produced Book. 49.
Dizionario d'Ingegneria, dirigido por Perucca E., Vol. IV, MOT–RUL. 164.
DUFAY, JEAN: Nébuleuses Galactiques et Matière Interstellaire. 47.
DUNLOP, A. P. y PETERS, F. N.: The Furans. 52.
ECKEY, E. W.: Vegetable Fats and Oils. 109.
EMMETT, PAUL H. (Compilador): Catalysis, Vol. I: Fundamental Principles (Parte I). 52.
EPHRAIM, FRITZ. (Preparada por THORNE, P. C. L. y ROBERTS, E. R.): Inorganic Chemistry (6a edición). 165.
FLOREY, Sir HOWARD (Compilador): Lectures on General Pathology. 51.
FRANCIS, G. E., MULLIGAN, W., y WORMALL, A.: Isotopic Tracers. 48.
FRANCIS, WILFRID: Coal. 108.
FRISCH, KARL VON: The Dancing Bees; an account of the Life and Senses of the Honey Bee. (Traducción al inglés de Dora Ilse.) 54.
GOLDSCHMIDT, V. M. (Publicado por MUIR, ALEX): Geochemistry. 107.
GRASSÉ, PIERRE-P. (Compilador): Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie. Vol XII, Vertébrés. 226.
GUGGENHEIM, E. A. y PRUE, J. E.: Physicochemical Calculations. 110.
HALDANE, J. B. S.: The Biochemistry of Genetics. 48.
HAMPEL, CLIFFORD A. (Compilador): Rare Metals Handbook. 164.
HAWK, PHILIP B., OSER, BERNARD L., y SUMMERSON, WILLIAM H.: Practical Physiological Chemistry (13a edición). 161.
HELMHOLTZ, HERMANN L. F.: On the Sensations of Tone. 222.
HIRSCHFELDER, J. O., CURTISS, C. F., y BIRD, R. B.: Molecular Theory of Gases and Liquids. 162.
HOLMYARD, E. J.: Outlines of Organic Chemistry (3a edición). 165.
HUME-ROTHERY, WILLIAM y RAYNOR, G. V.: The Structure of Metals and Alloys. 51.
JACOB, F.: Les Bactéries Lysogènes et la Notion de Provirus. 220.
JAMES, W. O.: An Introduction to Plant Physiology (5a edición). 222.
JOHNS, R. V. y WARE, W. F.: Advanced Level Examples in Physics. 162.
JOHNSON, F. H., EYRING, H. y POLISSAR, M. J.: The Kinetic Basis of Molecular Biology. 160.
JOHNSON, W. S. (Compilador): Organic Syntheses, Vol. XXXIV. 165.
JOHNSTONE, SYDNEY J.: Minerals for the Chemical and Allied Industries. 51.
KARRER, P.: Lehrbuch der Organischen Chemie (12a edición). 52.
KENNEDY, M.: The Sea Angler's Fishes. 54.
KENT, P. W. y WHITEHOUSE, M. W.: Biochemistry of the Aminosugars. 221.
KETELAAR, J. A. A.: Chemical Constitution. 53.
KLENSCH, HERBERT: Einführung in die biologische Registriertechnik. 220.
KOPSCH, F.: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen (19a edición), Vols. I–II. 224.
LAFFITTE, P. y BRUSSET, H.: Les Gaz Inertes; l'Hydrogène — Les Halogènes. 225.
LEA, D. E.: Actions of Radiations on Living Cells (2a edición). 220.
LEVI, GIUSEPPE: Trattato di Istologia (4a edición), Vols. I–II. 160.
LEVORSEN, A. I.: Geology of Petroleum. 163.
LONDON, F.: Superfluids, Vol. II (Teoría macroscópica del helio superflúido). 223.
LOOMIS, W. E. (Compilador): Growth and Differentiation in Plants. 105.
LOVELL, A. C. B.: Meteor Astronomy. 159.
Luminescence, with particular reference to inorganic phosphors. (*Brit. J. appl. Phys.*, Suplemento No. 4.) 223.
MARSHALL, A. J.: Bower-Birds. 166.
MARSHALL, N. B.: Aspects of Deep Sea Biology. 161.
MASON, S. F.: A History of the Sciences. 49.
MEES, C. E. K.: The Theory of the Photographic Process (edición revisada). 107.
MILLER, G. L.: Metallurgy of the Rarer Metals: No. 2 — Zirconium. 52.
MOORE, PATRICK: Guide to the Planets. 160.
MÜLLER, EUGEN (Compilador): Methoden der Organischen Chemie (Houben-Weyl) (4a edición revisada), Vols. II, VII, VIII. 165.
MURRAY, RAYMOND, L.: Introduction to Nuclear Engineering. 223.
NEEDHAM, JOSEPH y LING, WANG (Ayudante de investigaciones): Science and Civilisation in China. 49.
NIGGLI, PAUL: Rocks and Mineral Deposits. (Traducción al inglés de R. L. Parker.) 163.
Obituary Notices of Fellows of The Royal Society, Vol. IX. 105.
PÀDOA, E.: Biologia Generale. 48.
PALMER, W. G.: Experimental Inorganic Chemistry. 53.

PATTERSON, AUSTIN M.: A French-English Dictionary for Chemists (2a edición). 53.
POYNTER, F. N. L.: A Catalogue of Incunabula in the Wellcome Historical Medical Library. 108.
PRICE, D. J. (Compilador): The Equatorie of the Planetis, a manuscript treatise ascribed to Chaucer. 160.
RADLEY, J. A. y GRANT, J.: Fluorescence Analysis in Ultra-violet Light (4a edición). 163.
RANKAMA, K.: Isotope Geology. 107.
REILLY, JOSEPH y RAE, WILLIAM NORMAN: Physico-Chemical Methods (5a edición). 106.
ROBERTSON, J. MONTEATH: Organic Crystals and Molecules. 50.
ROBINSON, R.: The Structural Relations of Natural Products. 221.
SEMAT, HENRY: Introduction to Atomic and Nuclear Physics. 223.
SINGER, CHARLES, HOLMYARD, E. J., y HALL, A. R. (Compiladores): A History of Technology, Vol. I. 50.
SMITH, D. E. y LATHAM, M. L. (Traductores): The Geometry of René Descartes. 108.
STEACIE, E. W. R.: Atomic and Free Radical Reactions (2a edición), Vols. I–II. 225.
STEWART, J. R. y SPICER, F. E.: Stewart's Scientific Dictionary (4a edición). 226.
SULLY, A. H.: Metallurgy of the Rarer Metals: No. 1—Chromium. 52.
SWAINGER, K.: Analysis of Deformation, Vol. I. 50; Vol. II. 163.
TAYLOR, E. G. R.: The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England. 108.
TER HAAR, D.: Elements of Statistical Mechanics. 222.
THORNTON, JOHN L. y TULLY, R. I. J.: Scientific Books, Libraries and Collectors. 161.
UCHIDA, SEINOSUKE: Shinpen Nihon Chôrui Zusetsu (Catálogo ilustrado de las aves del Japón). 54.
VANNOTTI, A.: Porphyrins, their Biological and Chemical Importance. (Traducción al inglés de C. Rimington.) 161.
WALKER, J. F.: Formaldehyde (2a edición). 53.
WATSON, E. V.: British Mosses and Liverworts. 222.
WHITE, M. J. D.: Animal Cytology and Evolution (2a edición). 105.
WIGGLESWORTH, V. B.: The Physiology of Insect Metamorphosis. 166.
WINOGRADOW, A. P.: Geochemie seltener und nur in Spuren vorhandener chemischer Elemente im Boden. 164.
WOLSTENHOLME, G. E. W. y CAMERON, MARGARET P. (Compiladores): The Chemical Structure of Proteins (Simposio de la «Ciba Foundation»). 54.
WOLSTENHOLME, G. E. W. y CAMERON, MARGARET, P. (Compiladores): Chemistry and Biology of Pteridines (Simposio de la «Ciba Foundation»). 221.

INDICE DE MATERIAS

La clasificación de los artículos por materias va ordenada según el sistema de Clasificación Decimal Universal (Standard británico 1000). En la página IV aparece una clave alfabética.

06 CORPORACIONES. MUSEOS

061.23:58/59:92 George Johnston y la Ray Society. YONGE, C. M. 136.

1 FILOSOFIA. PSICOLOGIA

133.5:54 = 927 (091) «04/14» La alquimia en el Islam medieval. HOLMYARD, E. J. 117.
159.954:5 La ciencia y la imaginación (Editorial). 171.

5 CIENCIAS NATURALES

5:159.954 La ciencia y la imaginación (Editorial). 171.

51 MATEMATICAS

51:92 Carl Friedrich Gauss (1777–1855) (Editorial). 3.

52 ASTRONOMIA

529.78:681.11 (091) Historia del cronómetro marino. JONES, Sir HAROLD SPENCER. 212.

53 FISICA

535.621:535.733:612.843.31 Los doce blancos. WILLMER, E. N. 19.
535.733:612.843.31:535.621 *Idem.*
535.843:578.6 (091) El primer microscopista inglés: Robert Hooke (1635–1703). SINGER, C. 12.
537.13:537.591.1:621.384.6 Aceleradores de partículas de alta energía. COCKCROFT, Sir JOHN y PICKAVANCE, T. G. 61.
537.591.1:621.384.6:537.13 *Idem.*
539.17:546.79 Aspecto químico de la industria atómica. GLUECKAUF, E. 83.

54 QUIMICA

54:661.3:92 Los Muspratt y la industria química británica. HARDIE, D. W. F. 29.
54:92 Joseph Black (Editorial). 115.
54 = 927(091) «04/14»:135.5 La alquimia en el Islam medieval. HOLMYARD, E. J. 117.
541.144.7:581.132 Fotosíntesis. WHITTINGHAM, C. P. 173.
541.653:548.73 Determinación de la configuración absoluta de los antípodas ópticos. BIJVOET, J. M. 71.
546.28/.88:547 Los compuestos orgánicos de los metales. WARDLAW, W. y BRADLEY, D. C. 140.
546.79:539.17 Aspecto químico de la industria atómica. GLUECKAUF, E. 83.
547:546.28/.88 Los compuestos orgánicos de los metales. WARDLAW, W. y BRADLEY, D. C. 140.
547.979.733:577.1 Las porfirinas. RIMINGTON, C. 126.
548.73:541.653 Determinación de la configuración absoluta de los antípodas ópticos. BIJVOET, J. M. 71.

55 GEOLOGIA. GEOFISICA

55.05 El Año Geofísico Internacional (Editorial). 59.
550.384.3 La magnetización permanente de las rocas. RUNCORN, S. K. 152.
550.385:551.510.535:551.594.6 Tempestades en la ionosfera. APPLETON, Sir EDWARD. 24.
551.510.535:551.594.6:550.385 *Idem.*
551.594.6:550.385:551.510.535 *Idem.*
552.1:571(42) La contribución de la petrología a los estudios arqueológicos en la Gran Bretaña. WALLIS, F. S. 146.

57 CIENCIAS BIOLOGICAS

571(42):552.1 La contribución de la petrología a los estudios arqueológicos en la Gran Bretaña. WALLIS, F. S. 146.
576.31:581 La citología vegetal y el microscopio electrónico. FREY-WYSSLING, A. 34.
576.858.7:616.921.5 La paradoja del virus de la gripe. BURNET, Sir MACFARLANE. 5.
577.1:547.979.733 Las porfirinas. RIMINGTON, C. 126.
578.6(091):535.843 El primer microscopista inglés: Robert Hooke (1635–1703). SINGER, C. 12.

58 BOTANICA

58/59:061.23:92 George Johnston y la Ray Society. YONGE, C. M. 136.
581:576.31 La citología vegetal y el microscopio electrónico. FREY-WYSSLING, A. 34.
581.132:541.144.7 Fotosíntesis. WHITTINGHAM, C. P. 173.
581.14.04 Las sustancias de crecimiento y el desarrollo de las plantas. AUDUS, L. J. 205.
581.452 Algunos problemas de filotaxia y determinación de la hoja. SNOW, R. 190.
582.734 La historia de las rosas de cultivo. WYLIE, ANN. 181.

59 ZOOLOGIA

591.147:595.3 :591.176 — Los cambios de color en los crustáceos y la neurosecreción. KNOWLES, Sir FRANCIS. 95.

591.176 — Los colores de los animales. FOX, H. MUNRO. 40.

591.176:591.147 :595.3 — Los cambios de color en los crustáceos y la neurosecreción. KNOWLES, Sir FRANCIS. 95.

591.176:591.18 :594.5 — Los cambios de color de los cefalópodos. HOLMES, W. 78.

591.18:594.5 :591.176 — *Idem.*

594.5:591.176 :591.18 — *Idem.*

595.3:591.176 :591.147 — Los cambios de color en los crustáceos y la neurosecreción. KNOWLES, Sir FRANCIS. 95.

61 MEDICINA

612.843.31 :535.621 :535.733 — Los doce blancos. WILLMER, E. N. 19.

616.921.5 :576.858.7 — La paradoja del virus de la gripe. BURNET, Sir MACFARLANE. 5.

62 INGENIERIA

621.375.4 :669.783 — El germanio y sus aplicaciones. ALDINGTON, J. N. y CUMMING, H. W. 200.

621.384.6 :537.13 :537.591.1 — Aceleradores de partículas de alta energía. COCKCROFT, Sir JOHN y PICKAVANCE, T. G. 61.

66 INDUSTRIA

661.3:92:54 — Los Muspratt y la industria química británica. HARDIE, D. W. F. 29.

669.783 :621.375.4 — El germanio y sus aplicaciones. ALDINGTON, J. N. y CUMMING, H. W. 200.

68 MECANICA FINA

681.11(091) :529.78 — Historia del cronómetro marino. JONES, Sir HAROLD SPENCER. 212.

681.2(091) — Los antiguos fabricantes ingleses de instrumentos. PRICE, D. J. 90.

92 BIOGRAFIAS

92:061.23 :58/59 — George Johnston y la Ray Society. YONGE, C. M. 136.

92:51 — Carl Friedrich Gauss (1777–1855) (Editorial). 3.

92:54 — Joseph Black (Editorial). 115.

92:54:661.3 — Los Muspratt y la industria química británica. HARDIE, D. W. F. 29.

CLAVE ALFABETICA

Aceleradores de partículas 621.384.6
Alcali
  Industria química 661.3
Alcóxidos 547:546.28/.88
Alquimia 133.5:54
Animales
  Coloración 591.176
Antípodas ópticos
  Estereoquímica 541.653
Arqueología 571
Aurora 551.594
Auxinas 581.14.04

Bacteriología 576.85
Biografía 92
Biología 57
Bioquímica 577.1
Blanco
  Composición de colores 535.621
Botánica 58

Camarones 595.3
Cambios de color
  Cefalópodos 591.176:594.5
Cangrejos 595.3
Cefalópodos 594.5
Células vegetales 576.31:581
Ciclotrón 621.384.6
Ciencia médica 61
Citología 576.3
Clorofila 581.132
Cloroplastos 576.31:581
Color
  Visión 535.733
Coloración
  Animales 591.176
Compuestos organometálicos 547:546.28/.88
Configuración absoluta
  Estereoquímica 541.6
Crecimiento vegetal
  Sustancias 581.14.04
Cristalografía 548
Cromatóforos 591.176
Cronómetros 529.78
Crustáceos 595.3

Decápodos 594.5
Deriva continental 550
Difracción anómala
  Rayos X 548.73

Electricidad 537
Electrotécnica 621.3
Elementos radiactivos 546.79
Endocrinología
  Animales 591.14
Energía nuclear
  Materiales 546.79
Escisión nuclear 539.17
Estereoquímica 541.6

Filotaxia 581.452
Física 53
Fisiología 612
  Vegetal 581.1
Fotosíntesis 541.144

Geofísica 55
Geomagnetismo 550.38
Germanio 669.783
Gripe 616.921.5
  Virus 576.858.7

Hachas neolíticas 571
Hema
  Biosíntesis 577.1
Hemaglutinación
  Virus gripal 576.858.7
Historia Natural
  Sociedades 061.23:58/59
Hojas
  Determinación 581.452
Hooke, Robert
  Micrographia 535.843:578.6(091)
Hormonas
  Animales 591.147
  Vegetales 581.14.04

Industria atómica
  Materiales 546.79
Industria química 661
Ingeniería 62
Instrumentos científicos 681.2
Ionosfera 551.510.535
Iridocitos 591.176
Islam
  Alquimia 133.5:54=927(091)«04/14»

Jibia 594.5
Johnston, George 92:58/59:061.23

Leblanc
  Industria química 661.3
Longitud
  Determinación 529.78

Magnetismo terrestre 550.38
Magnetización
  Rocas 550.384
Mecánica fina 68
Medicina 61
Membranas celulares 576.31
Metalurgia 669
Meteorología 551.5
Micrografía 535.843
Micrografías electrónicas
  Células vegetales 576.31:581
Mimetismo
  Animales 591.176
Muspratt, James 92:54:661.3

Nervios
  Animales 591.18
Neurosecreción
  Animales 591.147

Octópodos 594.5
Optica 535
Organo-metales 547.546.28/.88

Parásticos 581.452
Paredes celulares 576.31
Patología 616
Petrología 552
Pigmentos
  Animales 591.176
Plutonio 546.79
Porfirina 547.979.733
Productos de escisión 546.79
Protones, 537.133

Química 54

Radiocomunicación
  Disturbios 551.594.6
Radiosondeo
  Ionosfera 551.594.6
Ray Society 061.23:58/59
Rayos cósmicos 537.591
Rayos X
  Difracción 548.73
Reacciones cromáticas
  Sepia 591.176:594.5
Rectificador
  Germanio 621.375.4
Reflexión
  Radiosondeos 551.594.6
Relojería 681.11
Rocas
  Magnetización 550.384.3
Rosa de jardín
  Evolución 582.734
Rotación óptica
  Estereoquímica 541.653

Semiconductores
  Germanio 621.375.4
Sensación cromática 535.733
Sepia 594.5
Siliconas 547:546.28/.88
Sistema nervioso
  Animales 591.18
Soda
  Industria química 661.3
Sondeos de radio
  Ionosfera 551.594.6
Stonehenge
  Petrología 552.1:571
Sustancias fluorescentes
  Germanio 669.783

Tempestades magnéticas 550.385
Transistor 621.375.4
Traslación polar 550

Uranio 546.79

Virus 576.858
Visión de color
  Fisiología 612.843.31

Zoología 59

Impreso en la Gran Bretaña en THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, para los editores,*
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres, S.W.1*

ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN XIV Enero 1955 NUMERO 53

SUMARIO

Editorial: Carl Friedrich Gauss (1777–1855) 3

In memoriam: Sir Wallace Akers (1888–1954) 4

576.858.7:616.921.5
La paradoja del virus de la gripe — SIR MACFARLANE BURNET — 5

535.843:578.6(091)
El primer microscopista inglés: Robert Hooke (1635–1703) — CHARLES SINGER — 12

535.621:535.733:612.843.31
Los doce blancos — E. N. WILLMER — 19

551.510.535:551.594.6:550.385
Tempestades en la ionosfera — SIR EDWARD APPLETON — 24

92:54:661.3
Los Muspratt y la industria química británica — D. W. F. HARDIE — 29

576.31:581
La citología vegetal y el microscopio electrónico — A. FREY-WYSSLING — 34

591.176
Los colores de los animales — H. MUNRO FOX — 40

049.3
Revista de libros 47

Libros recibidos 55

Notas sobre los colaboradores 56

Redactor-jefe: TREVOR I. WILLIAMS
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Toda comunicación a los editores debe dirigirse a North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

Carl Friedrich Gauss (1777-1855)

Se cuenta que, en cierta ocasión, el Barón von Humboldt preguntó a Laplace quién le parecía el más grande matemático alemán. Al no satisfacerle la respuesta, Humboldt inquirió: «¿Y Gauss?» Pues por aquellos días procuraba conseguir para éste el cargo de Director del Observatorio de Göttingen. «¿Gauss?» — respondió Laplace — «Gauss es el más grande matemático del mundo».

Alto elogio ése para un joven que a la sazón contaba sólo 29 años, pero que supo probar después cuán justa era tal opinión. Gauss llegó a ser conocido como *mathematicorum princeps*, segundo sólo de Newton entre los grandes matemáticos. Existen ciertas semejanzas entre ambos sabios: el temprano florecimiento de su genio, la inmensa amplitud de sus descubrimientos, su método intelectivo.

Desde edad muy temprana Gauss mostró gran precocidad para el cálculo matemático. Durante toda su vida conservó una poderosa facultad para el cálculo mental y una gran afición por los complicados cómputos matemáticos. No es sorprendente por tanto que la aritmética y la teoría de los números llegaran a ser sus estudios favoritos.

La primera de sus grandes obras, *Disquisitiones Arithmeticae*, quedó completada en 1798, cuando sólo contaba 21 años, aunque las dificultades experimentadas por los impresores de Leipzig retrasaron su publicación hasta 1801. Este trabajo hacía de la teoría de los números, que hasta entonces consistía sólo de una serie inconexa de teoremas, una disciplina coherente y lógica que tomaba así nueva dirección. Es obra de difícil lectura, aun para los especialistas, debido a que Gauss aspiraba a un perfecto estilo clásico que oculta la marcha del razonamiento que le conduce a sus conclusiones. Entre otros temas, trata de las teorías de las congruencias (en particular de las binómicas), de los residuos cuadráticos y de las formas cuadráticas binarias y ternarias: Algunos críticos consideran que ésta es la más importante de sus producciones: era, en verdad, notable creación para un joven de su edad.

El 1° de enero de 1801, Piazzi descubrió en Palermo el primero de los asteroides, Ceres. Gauss encontró allí un problema que durante algún tiempo había de distraer su atención de los estudios de aritmética superior. La observación de Ceres duró sólo unas semanas; luego, el astro desapareció. Si no se computaba su órbita, lo más probable era que no pudiera volver a ser observado. En teoría bastan tres observaciones de la posición de un planeta o cometa para determinar su órbita, pero nunca hasta entonces se había planteado el problema de la determinación orbital a base de un arco corto. Gauss ideó un método para la solución, calculó la órbita de Ceres y predijo su futura posición. El procedimiento empleado dió origen a un completo estudio sobre los métodos para determinar las órbitas de planetas y cometas, incluyendo el análisis de las perturbaciones, publicado en 1809 con el título de *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus solem ambientium.*

Estas actividades no absorbían todas sus energías. Así, Gauss fué el primero en presentar un estudio sobre los números complejos, interpretándolos como puntos de referencia en un plano. En una carta a Bessel enunció el teorema fundamental en lo que hoy se denominan las funciones analíticas de una variable compleja, resultado que dejó sin publicar y que más tarde fué redescubierto por Cauchy. Además probó que toda ecuación numérica tiene una raíz real o imaginaria.

Otra gran obra se refiere a la serie hipergeométrica. Las series infinitas habían sido ya usadas antes por los matemáticos, pero sin estudiar las condiciones de convergencia. Gauss determinó dichas condiciones de la serie hipergeométrica, que incluye algunas de las más importantes en el análisis. Por primera vez se introducía cierto rigor en estos estudios.

Con la importante memoria sobre la reciprocidad bicuadrática, Gauss abría nuevos derroteros. En ese trabajo aparecía por primera vez los números complejos en la teoría de los números, inaugurándose la teoría general de los números algebraicos.

Al ser nombrado Gauss asesor científico de los Gobiernos de Dinamarca y Hannover para los extensos trabajos de triangulación, en los que se incluía la medición de un arco de meridiano, pudo disponer de la oportunidad de utilizar grandes cantidades de datos numéricos, lo que sirvió para reanimar en él el interés en la teoría de los errores y en la rectificación de las observaciones. Cuando tenía 18 años había inventado el método de los mínimos cuadrados, que, basado en la ley gaussiana de distribución de los errores de azar, es hoy usado extensamente en todas las ramas de la ciencia, particularmente en astronomía y geodesía. En

1843 y 1846 aparecieron dos importantes memorias, *Über Gegenstände der höhern Geodäsie*. La memoria sobre la *Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxia* había aparecido antes. Como la superficie terrestre es curva, Gauss se interesó por los problemas generales relacionados con las superficies curvas, tales como las líneas geodésicas y la definición de curvatura. Introdujo la representación paramétrica de las superficies, que es independiente de ejes externos, estableciendo así los fundamentos de la geometría diferencial. También desarrolló el método de la representación conforme, en el que se conservan los ángulos, utilizando la teoría de las funciones analíticas de una variable compleja.

Hacia 1830, Gauss comenzó a interesarse en los problemas del magnetismo terrestre. En colaboración con Weber inventó el declinómetro y el magnetómetro bifilar. En 1833 apareció su memoria *Intensitas vis Magneticae Terrestris ad Mensuram Absolutam Revocata*. Estableció un laboratorio magnético en Göttingen para el estudio de los cambios del magnetismo terrestre y formó una Asociación para obtener datos en días determinados en varias estaciones. En 1838 y 1839 aparecieron dos memorias importantes, *Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*, y *Allgemeine Lehrsätze*, que incluían el análisis armónico del campo magnético de la Tierra y una teoría general de las fuerzas que atraen según el cuadrado inverso de la distancia.

Otra memoria importante, *Dioptrische Untersuchungen*, publicada en 1840, contiene una teoría general de los sistemas ópticos, la cual permite la determinación de la imagen de cualquier objeto en cualquier sistema. Esta memoria introdujo la concepción de los seis puntos cardinales: dos focales, dos nodales y dos principales, comúnmente llamados puntos de Gauss.

Las limitaciones de espacio nos impiden hacer referencia a todos los trabajos de Gauss, entre los que se encuentran importantes contribuciones a casi todas las ramas de la matemática. Los estudios de geometría no euclidiana comienzan con él; ya en la escuela había investigado los postulados de la geometría euclidiana, hallando que se podía desarrollar un sistema geométrico sin el postulado de las paralelas. Más tarde demostró que se podían obtener resultados consecuentes sin dicho postulado.

Es notable que un solo hombre haya podido realizar contribuciones de tanta importancia y originalidad en materias tan diferentes. Para Gauss, tanto la matemática pura como la aplicada fueron campo de fecunda investigación; todos los temas por él tratados quedaron enriquecidos.

In memoriam: Sir Wallace Akers (1888–1954)

Con profundo sentimiento notificamos a nuestros lectores el fallecimiento, acaecido el 1 de noviembre de 1954, de Sir Wallace Akers, que fué miembro del consejo asesor de redacción de *Endeavour* hasta que su mal estado de salud le obligó a retirarse a mediados del año último. Su muerte será sentida como una pérdida personal por todos los que participan en la publicación de *Endeavour*, pues, a pesar de la eminencia que lograra, se mostró siempre sencillo con todos. Los que le pidieron consejo, le hallaron siempre atinado, advirtiendo que cualquier problema que se le planteara — ya fuese simple o complicado — merecía toda su atención. Sabía escuchar, cuando la ocasión lo requería, y era a la vez un gran conversador. En el consejo asesor de redacción, era inapreciable su capacidad para tratar los puntos de detalle con la misma facilidad que los problemas de principios generales.

Sir Wallace Akers nació el 9 de septiembre de 1888, y fué educado en *Aldenham School* y en *Christ Church College*, de Oxford. De la Universidad de Oxford, que le otorgó un grado honorario en 1952, pasó directamente a la industria de productos químicos, con la que estuvo estrechamente relacionado durante toda su vida. Fué desde Oxford, en 1911, a la Brunner, Mond and Company Limited, una de las firmas fundadoras de la *Imperial Chemical Industries Limited*. Aparte del breve período que pasó en el Extremo Oriente, y de la corta temporada en que actuó como Director de la investigación británica sobre energía atómica, dedicó casi toda su vida de trabajo a la *Imperial Chemical Industries*, de la que fué nombrado Director en 1941. En el mismo año, fué llevado al *Department of Scientific and Industrial Research*, para hacerse cargo del proyecto británico de energía atómica. En esta esfera, realizó trabajos de gran importancia nacional, por los que fué nombrado Caballero. Se retiró en 1953, pero el retiro significó para él un encauzamiento de sus energías hacia nuevos propósitos, más bien que el descanso, y su muerte significa una gran pérdida para la ciencia y para el público.

La paradoja del virus de la gripe

SIR MacFARLANE BURNET

Nuestros crecientes conocimientos sobre el virus de la gripe parecen conducirnos a la conclusión de que aunque este organismo posee propiedades antigénicas, enzímicas y genéticas distintivas, al mismo tiempo es químicamente indistinguible de los fragmentos de citoplasma de la célula de que es parásito. Esta conclusión presenta fundamental importancia no sólo para el establecimiento de nuevos métodos de defensa frente a una enfermedad que puede presentar extraordinaria gravedad, sino también para comprender la estructura y funcionamiento de las células de los vertebrados.

Durante la última década el virus de la gripe ha constituído el estudio predilecto de quienes, primordialmente, se interesan más en la naturaleza del virus que en las enfermedades a que da lugar. El virus que nos ocupa posee dos cualidades que le hacen singularmente apropiado para esta clase de estudios. Primera: puede cultivarse muy fácilmente en las cavidades del embrión de polluelo, ya que el flúido alantoico proporciona una forma de virus relativamente concentrada y manejable. Segunda y más notable ventaja: la concentración de virus en semejantes flúidos puede titularse con exactitud en el tubo de ensayo, utilizando la capacidad del virus para aglutinar los glóbulos rojos de la sangre: la «hemaglutinación» de Hirst.

Estas propiedades facilitan las investigaciones que se precisan para establecer la naturaleza físico-química de las partículas del virus y para determinar, siquiera en un plan general, el curso de su multiplicación en la célula. Estas investigaciones se han llevado a cabo y hoy sabemos tanto de la naturaleza y actividades de un virus gripal típico, la estirpe americana standard PR8 por ejemplo, como de cualquier otro virus animal. A medida que estos conocimientos han ido acrecentándose, se ha ido también haciendo gradualmente más clara la paradoja de que trata el presente artículo: que aun cuando las partículas del virus de la gripe son unidades funcionales con cualidades antigénicas, enzímicas y genéticas bien definidas, no pueden diferenciarse químicamente de los fragmentos de citoplasma de las células donde vegetan como parásitos.

ACTIVIDADES FUNCIONALES DE LA PARTICULA DE VIRUS

En la actualidad, los virus de la gripe se definen a base de su reacción con los glóbulos rojos de la sangre de los vertebrados, reacción manifestada normalmente como hemaglutinación; las partículas del virus son los agentes aglutinantes. Cuando se mezcla virus, en forma de flúido alantoico procedente de un embrión de polluelo infectado, con una suspensión de glóbulos rojos, las partículas del virus se adhieren firmemente a las superficies celulares; como una misma partícula de virus, en condiciones favorables, puede ser adsorbida simultáneamente por dos superficies celulares, se desarrolla rápidamente una serie de puentes entre los glóbulos rojos. Los glóbulos se enlazan entre sí en visibles agregados que forman luego un sedimento. Con un virus concentrado, esta suspensión se convierte enseguida en un flúido claro que sobrenada y en una masa de glóbulos aglutinados que con frecuencia forman dibujos característicos al adherirse al fondo hemisférico del tubo de ensayo.

Si se mantiene la mezcla a 37° y se agita cada treinta minutos, se verá que los glóbulos necesitan progresivamente más tiempo para depositarse y que los agregados son cada vez más pequeños. Al cabo de dos o tres horas, los glóbulos acaban por ser tan estables en la suspensión como los glóbulos normales. El experimento demuestra que los virus fueron liberados de los glóbulos y que éstos perdieron su capacidad de adsorción o de ser aglutinados por el virus.

Analizando este fenómeno se comprueba que es el resultado de una interacción específica de ciertos componentes de las superficies del virus y del glóbulo. Esta interacción posee la mayoría de las características propias de una acción enzímica; lo más exacto sería considerarla como un tipo de acción enzímica de inusitada lentitud en el que es rasgo sobresaliente la unión intermedia de enzima y substrato, postulada para todas las acciones enzímicas.

En 1947, el substrato de la enzima del virus se

observó ser una mucoproteína, confirmando esta opinión todos los trabajos posteriores. En la actualidad se han preparado en forma pura varios substratos mucoproteínicos de la enzima del virus gripal; el grado de pureza se juzga por los ensayos muy rígidos de la producción de un solo máximo en el diagrama electroforético y un desplazamiento del máximo en conjunto (indicando una movilidad electroforética reducida) cuando se trata la preparación enzímicamente con el virus. Recientemente Gottschalk ha conseguido algunos progresos notables en el aislamiento y caracterización del producto resultante de la reacción y en la determinación de la naturaleza probable del grupo prostético con el que reacciona la enzima del virus.

EL GRADIENTE DEL RECEPTOR

El modo más sencillo de demostrar el gradiente del receptor, consiste en tratar porciones de una suspensión de glóbulos rojos humanos lavados con enzimas procedentes de filtración de cultivos de *V. cholerae*, enzima que Burnet y Stone [1] apellidaron RDE (enzima destructora del receptor). Esta enzima parece ser isodinámica con las enzimas de los virus del grupo de la gripe. Mediante la acción graduada de las enzimas, se puede preparar una serie de suspensiones celulares que los virus encuentran progresivamente menos fáciles de aglutinar. Si ensayamos una serie amplia de virus en cuanto a su capacidad de aglutinar esas células, encontraremos que se ordenan linealmente. El virus de la «enfermedad de Newcastle» (NDV) es el primero en perder su poder aglutinador, y en nuestras series standard el de la estirpe MIL de la gripe B es el último. Paralelo a la pérdida de la aglutinabilidad hay un descenso en la movilidad electroforética (EPM) de las células. Ada y Stone [2] han demostrado que cabe definir el punto en que cada virus pierde su aglutinabilidad en términos de la EPM de las células.

Sin entrar en más detalles, puede decirse que mediante estas técnicas es posible demostrar una característica específica y reproducible de cada estirpe de virus gripal. La interpretación en boga es que el grupo enzímico verdadero es común a todos los virus y a RDE, pero que para cada virus hay un diseño característico de los grupos atómicos que rodean cada unidad enzímica y modifican la facilidad con que puede llevarse a cabo el contacto con grupos del substrato de variable grado de accesibilidad. La regularidad de los resultados indica que estos diseños tienen cierta especificidad individual para cada tipo de virus.

CARACTER ANTIGENICO

La gripe sin complicaciones es una afección autolimitadora que probablemente llega a desaparecer por el desarrollo de inmunidad activa caracterizada por la aparición en la sangre de anticuerpos neutralizadores, posibles de poner de manifiesto experimentalmente. Nadie sufre dos veces un mismo tipo de gripe en una misma epidemia y todo el enfoque moderno en la epidemiología de la gripe se basa en el carácter inmunológico de los virus de estirpes a las que cabe achacar epidemias sucesivas. La orientación más práctica para el estudio de estas diferencias la encontramos en el empleo de titulaciones antihemaglutinínicas (AHA). Si se agrega una cantidad constante de virus a una serie de disoluciones de suero convaleciente obtenido de un paciente humano o de un hurón infectado, la capacidad del virus para aglutinar los glóbulos rojos desaparece en todas las concentraciones de suero por encima de un cierto límite. Esto permite expresar cuantitativamente la capacidad del suero para inactivar cualquier virus gripal como su titulación AHA. Se precisa adoptar importantes precauciones técnicas para evitar confusión con algunos tipos de inhibición no específica de hemaglutinación, pero una vez tomadas es posible conseguir un cuadro claro de las relaciones antigénicas entre los varios tipos de virus gripales que han aparecido y se han aislado desde 1933.

El estudio más importante, debido a Hirst [3], ha demostrado que entre 1933 y 1951 han aparecido sucesivamente siete antígenos distintos en las estirpes de gripe A. A más de esto, existen factores antigénicos que son comunes a algunos o a todos los tipos. De vez en cuando, una estirpe puede en el laboratorio cambiar su carácter antigénico, de ordinario como resultado de su transferencia a un nuevo huésped. Sin embargo, si las estirpes se conservan sin salir de la fase de su paso por el embrión de polluelo, permanecen constantes en su comportamiento inmunológico. Desde que se tomaron semejantes precauciones, se ha constatado que en una época cualquiera durante la que se han producido epidemias de gripe en el mundo entero, sólo intervinieron uno o, a lo más, dos tipos antigénicos de virus.

La especificidad antigénica del virus es, por tanto, un carácter funcional bien definido de vital importancia, lo mismo para la supervivencia del virus en la naturaleza como para que el epidemiólogo comprenda mejor la enfermedad. Como el anticuerpo puede extraerse del suero calentándolo con grandes cantidades de virus gripales, los

antígenos deben encontrarse en la superficie del virus. No se han aislado como substancias químicas puras, pero según todas sus analogías con otros fenómenos de la misma clase tienen que ser moléculas proteínicas dotadas de una configuración atómica individual que sirve como determinante antigénico. Dichas configuraciones son totalmente distintas de las que se observan en las proteínas de las especies huésped, y también de las de las proteínas de los virus gripales serológicamente diferentes.

INDIVIDUALIDAD GENETICA

Todas las características de los virus gripales que son reproducibles de generación en generación, deben por necesidad poseer una base genética. Sin embargo, el estudio sistemático de los caracteres genéticos en los virus animales no empezó sino muy recientemente. Semejante trabajo se hace posible cuando se dispone de los medios para el aislamiento y conservación de «clones» puros de virus, una serie de marcadores genéticos convenientemente demostrables mediante los que se puedan caracterizar clones puros de diferente constitución hereditaria, y una técnica que favorezca la reacción genética entre dos estirpes diferentes. Estos requisitos se vienen cumpliendo desde hace tiempo con respecto a los virus bacteriales, y en el laboratorio del autor del presente artículo, una de las actividades más importantes ha sido desarrollar un método similar para su aplicación a los virus gripales.

En el momento presente estamos convencidos de poseer métodos técnicos adecuados con que demostrar la posibilidad de reacciones genéticas bien definidas entre estirpes de virus de la gripe. En el sistema que hemos estudiado más concienzudamente — a saber, las reacciones de varias subculturas de la estirpe clásica gripe A: WS (Hampstead 1933) y MEL (Melbourne 1935) — los resultados indican una recombinación de largo alcance en la que intervienen dos diferentes grupos de enlace. Cuatro «marcadores» — es decir: diferencias entre estirpes — están localizados en un grupo de enlace, y otros tres en el segundo grupo. Sin proponernos entrar en detalles [4], indicaremos como sigue el tipo de resultado. Si llamamos respectivamente A, B, D, F y C, E, G los marcadores de la estirpe MEL, y a, b′, d, f y c, e, g los de la variante neurotrópica de WS, pueden obtenerse las recombinaciones siguientes:

ABDF — ceg ABDF — ceG ab′df — cEG
abdf — CEG abdf — ceg aB′df — cEg

Cada uno de ellos representa un tipo de cría verdadera, existente en la forma de un clone puro. Hay que aplicar reglas un tanto diferentes con respecto a la transmisión de virulencia cuando la recombinación tiene lugar entre estirpes muy virulentas y otras que no lo son. Es cosa corriente encontrar entre la descendencia estirpes de uno cualquiera de los varios grados de virulencia, con o sin intercambio de cualidades de otro «marcador».

No tenemos, sin embargo, necesidad de discutir los detalles de la genética del virus. Todo lo que precisa es patentizar la existencia de un complejo mecanismo genético en el virus de la gripe, que consideramos presenta analogías con la genética de los virus bacteriales por un lado, y con la genética bacteriana por otro. Se pueden transferir cualidades en forma de unidades que se comportan en lo esencial como los genes de los organismos superiores.

Estas cualidades genéticas deben tener una base física, con toda probabilidad una especial «organización» molecular en el ácido nucleico. Como las investigaciones más recientes de Ada sobre el contenido de ácido nucleico en el virus purificado de la gripe indican ausencia de ácido desoxirribonucleico como parte integrante de la partícula del virus de la gripe, es indispensable que el comportamiento genético dependa del 0,8% de ácido ribonucleico (RNA), que se sabe está presente. Esto acrecienta de un modo enorme la importancia de estos estudios genéticos, ya que los virus gripales constituyen el único sistema conocido, capaz de análisis genético, en que no desempeña papel alguno el ácido desoxirribonucleico (DNA).

En resumen, pues, tenemos en la partícula viable del virus gripal un sistema complejo bien definido. Cada tipo tiene sus propias características funcionales, que cabe definir en términos de la reacción del virus con las superficies celulares y con las mucoproteínas específicas que sirven como substrato para las reacciones, de las cualidades antigénicas del virus, y de la virulencia de la estirpe respecto a las distintas células y órganos. Con ciertas limitaciones en cuanto a la virulencia, todos estos caracteres se mantienen en tránsito en la cavidad alantoica en condiciones óptimas. Asimismo, con determinadas limitaciones, es posible comprobar que las diferencias entre estirpes afines se determinan por unidades genéticas de la misma categoría general que los genes de los organismos superiores.

LAS CUALIDADES FISICAS DEL VIRUS DE LA GRIPE

Las partículas del virus se separan fácilmente del flúido alantoico mediante fraccionación en la

observó ser una mucoproteína, confirmando esta opinión todos los trabajos posteriores. En la actualidad se han preparado en forma pura varios substratos mucoproteínicos de la enzima del virus gripal; el grado de pureza se juzga por los ensayos muy rígidos de la producción de un solo máximo en el diagrama electroforético y un desplazamiento del máximo en conjunto (indicando una movilidad electroforética reducida) cuando se trata la preparación enzímicamente con el virus. Recientemente Gottschalk ha conseguido algunos progresos notables en el aislamiento y caracterización del producto resultante de la reacción y en la determinación de la naturaleza probable del grupo prostético con el que reacciona la enzima del virus.

EL GRADIENTE DEL RECEPTOR

El modo más sencillo de demostrar el gradiente del receptor, consiste en tratar porciones de una suspensión de glóbulos rojos humanos lavados con enzimas procedentes de filtración de cultivos de *V. cholerae*, enzima que Burnet y Stone [1] apellidaron RDE (enzima destructora del receptor). Esta enzima parece ser isodinámica con las enzimas de los virus del grupo de la gripe. Mediante la acción graduada de las enzimas, se puede preparar una serie de suspensiones celulares que los virus encuentran progresivamente menos fáciles de aglutinar. Si ensayamos una serie amplia de virus en cuanto a su capacidad de aglutinar esas células, encontraremos que se ordenan linealmente. El virus de la «enfermedad de Newcastle» (NDV) es el primero en perder su poder aglutinador, y en nuestras series standard el de la estirpe MIL de la gripe B es el último. Paralelo a la pérdida de la aglutinabilidad hay un descenso en la movilidad electroforética (EPM) de las células. Ada y Stone [2] han demostrado que cabe definir el punto en que cada virus pierde su aglutinabilidad en términos de la EPM de las células.

Sin entrar en más detalles, puede decirse que mediante estas técnicas es posible demostrar una característica específica y reproducible de cada estirpe de virus gripal. La interpretación en boga es que el grupo enzímico verdadero es común a todos los virus y a RDE, pero que para cada virus hay un diseño característico de los grupos atómicos que rodean cada unidad enzímica y modifican la facilidad con que puede llevarse a cabo el contacto con grupos del substrato de variable grado de accesibilidad. La regularidad de los resultados indica que estos diseños tienen cierta especificidad individual para cada tipo de virus.

CARACTER ANTIGENICO

La gripe sin complicaciones es una afección autolimitadora que probablemente llega a desaparecer por el desarrollo de inmunidad activa caracterizada por la aparición en la sangre de anticuerpos neutralizadores, posibles de poner de manifiesto experimentalmente. Nadie sufre dos veces un mismo tipo de gripe en una misma epidemia y todo el enfoque moderno en la epidemiología de la gripe se basa en el carácter inmunológico de los virus de estirpes a las que cabe achacar epidemias sucesivas. La orientación más práctica para el estudio de estas diferencias la encontramos en el empleo de titulaciones antihemaglutinínicas (AHA). Si se agrega una cantidad constante de virus a una serie de disoluciones de suero convaleciente obtenido de un paciente humano o de un hurón infectado, la capacidad del virus para aglutinar los glóbulos rojos desaparece en todas las concentraciones de suero por encima de un cierto límite. Esto permite expresar cuantitativamente la capacidad del suero para inactivar cualquier virus gripal como su titulación AHA. Se precisa adoptar importantes precauciones técnicas para evitar confusión con algunos tipos de inhibición no específica de hemaglutinación, pero una vez tomadas es posible conseguir un cuadro claro de las relaciones antigénicas entre los varios tipos de virus gripales que han aparecido y se han aislado desde 1933.

El estudio más importante, debido a Hirst [3], ha demostrado que entre 1933 y 1951 han aparecido sucesivamente siete antígenos distintos en las estirpes de gripe A. A más de esto, existen factores antigénicos que son comunes a algunos o a todos los tipos. De vez en cuando, una estirpe puede en el laboratorio cambiar su carácter antigénico, de ordinario como resultado de su transferencia a un nuevo huésped. Sin embargo, si las estirpes se conservan sin salir de la fase de su paso por el embrión de polluelo, permanecen constantes en su comportamiento inmunológico. Desde que se tomaron semejantes precauciones, se ha constatado que en una época cualquiera durante la que se han producido epidemias de gripe en el mundo entero, sólo intervinieron uno o, a lo más, dos tipos antigénicos de virus.

La especificidad antigénica del virus es, por tanto, un carácter funcional bien definido de vital importancia, lo mismo para la supervivencia del virus en la naturaleza como para que el epidemiólogo comprenda mejor la enfermedad. Como el anticuerpo puede extraerse del suero calentándolo con grandes cantidades de virus gripales, los

antígenos deben encontrarse en la superficie del virus. No se han aislado como substancias químicas puras, pero según todas sus analogías con otros fenómenos de la misma clase tienen que ser moléculas proteínicas dotadas de una configuración atómica individual que sirve como determinante antigénico. Dichas configuraciones son totalmente distintas de las que se observan en las proteínas de las especies huésped, y también de las de las proteínas de los virus gripales serológicamente diferentes.

INDIVIDUALIDAD GENETICA

Todas las características de los virus gripales que son reproducibles de generación en generación, deben por necesidad poseer una base genética. Sin embargo, el estudio sistemático de los caracteres genéticos en los virus animales no empezó sino muy recientemente. Semejante trabajo se hace posible cuando se dispone de los medios para el aislamiento y conservación de «clones» puros de virus, una serie de marcadores genéticos convenientemente demostrables mediante los que se puedan caracterizar clones puros de diferente constitución hereditaria, y una técnica que favorezca la reacción genética entre dos estirpes diferentes. Estos requisitos se vienen cumpliendo desde hace tiempo con respecto a los virus bacteriales, y en el laboratorio del autor del presente artículo, una de las actividades más importantes ha sido desarrollar un método similar para su aplicación a los virus gripales.

En el momento presente estamos convencidos de poseer métodos técnicos adecuados con que demostrar la posibilidad de reacciones genéticas bien definidas entre estirpes de virus de la gripe. En el sistema que hemos estudiado más concienzudamente — a saber, las reacciones de varias subculturas de la estirpe clásica gripe A: WS (Hampstead 1933) y MEL (Melbourne 1935) — los resultados indican una recombinación de largo alcance en la que intervienen dos diferentes grupos de enlace. Cuatro «marcadores» — es decir: diferencias entre estirpes — están localizados en un grupo de enlace, y otros tres en el segundo grupo. Sin proponernos entrar en detalles [4], indicaremos como sigue el tipo de resultado. Si llamamos respectivamente A, B, D, F y C, E, G los marcadores de la estirpe MEL, y a, b′, d, f y c, e, g los de la variante neurotrópica de WS, pueden obtenerse las recombinaciones siguientes:

ABDF — ceg	ABDF — ceG	ab′df — cEG
abdf — CEG	abdf — ceg	aB′df — cEg

Cada uno de ellos representa un tipo de cría verdadera, existente en la forma de un clone puro. Hay que aplicar reglas un tanto diferentes con respecto a la transmisión de virulencia cuando la recombinación tiene lugar entre estirpes muy virulentas y otras que no lo son. Es cosa corriente encontrar entre la descendencia estirpes de uno cualquiera de los varios grados de virulencia, con o sin intercambio de cualidades de otro «marcador».

No tenemos, sin embargo, necesidad de discutir los detalles de la genética del virus. Todo lo que precisa es patentizar la existencia de un complejo mecanismo genético en el virus de la gripe, que consideramos presenta analogías con la genética de los virus bacteriales por un lado, y con la genética bacteriana por otro. Se pueden transferir cualidades en forma de unidades que se comportan en lo esencial como los genes de los organismos superiores.

Estas cualidades genéticas deben tener una base física, con toda probabilidad una especial «organización» molecular en el ácido nucleico. Como las investigaciones más recientes de Ada sobre el contenido de ácido nucleico en el virus purificado de la gripe indican ausencia de ácido desoxirribonucleico como parte integrante de la partícula del virus de la gripe, es indispensable que el comportamiento genético dependa del 0,8% de ácido ribonucleico (RNA), que se sabe está presente. Esto acrecienta de un modo enorme la importancia de estos estudios genéticos, ya que los virus gripales constituyen el único sistema conocido, capaz de análisis genético, en que no desempeña papel alguno el ácido desoxirribonucleico (DNA).

En resumen, pues, tenemos en la partícula viable del virus gripal un sistema complejo bien definido. Cada tipo tiene sus propias características funcionales, que cabe definir en términos de la reacción del virus con las superficies celulares y con las mucoproteínas específicas que sirven como substrato para las reacciones, de las cualidades antigénicas del virus, y de la virulencia de la estirpe respecto a las distintas células y órganos. Con ciertas limitaciones en cuanto a la virulencia, todos estos caracteres se mantienen en tránsito en la cavidad alantoica en condiciones óptimas. Asimismo, con determinadas limitaciones, es posible comprobar que las diferencias entre estirpes afines se determinan por unidades genéticas de la misma categoría general que los genes de los organismos superiores.

LAS CUALIDADES FISICAS DEL VIRUS DE LA GRIPE

Las partículas del virus se separan fácilmente del flúido alantoico mediante fraccionación en la

ultracentrífuga y por lavado frecuente; con el microscopio electrónico (Fig. 1) se puede examinar su morfología previa fijación y sombreamiento. Con estirpes normales bien adaptadas aparecen las partículas en forma más o menos esférica, siendo algunas más aplanadas que las otras. Su diámetro mide alrededor de 110 mμ, con valores bastante variados en casos individuales. Además se presentan siempre agrupamientos que causan la impresión de estar formados por dos a cuatro esferas fusionadas. Estas mismas unidades esféricas no son en manera alguna uniformes en diámetro, y el cuidadoso examen de una buena micrografía electrónica lleva el convencimiento de la racionalidad de la conclusión, basada en pruebas genéticas, de que las partículas pueden llevar uno, dos o tres grupos de unidades genéticas. La variación de tamaño podría muy bien representar masas que oscilan entre una y tres unidades arbitrarias. En estas viejas estirpes no existen o son muy raros los largos filamentos, característica de estirpes recientes.

Puede aceptarse como incuestionable la prueba de que las esferas que vemos en las micrografías electrónicas representan partículas de virus infeccioso. Según han demostrado experimentos apropiados, las unidades acarreadoras de infectividad se depositan en la ultracentrífuga y son retenidas por los filtros como si tuvieran de 100 a 120 mμ de diámetro. Como en el caso de las partículas visibles, los glóbulos rojos las adsorben (Fig. 2). Es dudoso todavía si todas las partículas que pueden verse sean «completas» en el sentido de que sean capaces de penetrar en una célula susceptible y producir infección, dando lugar a unidades parecidas con poder de continuar de modo indefinido la cadena de infección y multiplicación. Es cosa harto conocida que si el virus no se produce en condiciones óptimas, cuidadosamente controladas, muchas de las partículas, de hecho, no son infecciosas en tal sentido. Con virus preparados en óptimas condiciones se calcula en la actualidad que sólo entre una mitad y un décimo de las partículas presentes pueden iniciar infección ininterrumpida.

COMPOSICION QUIMICA DEL VIRUS GRIPAL

No es notablemente difícil la adquisición de algunos miligramos de virus gripal mediante las técnicas normales, pero dista mucho de ser fácil asegurarse que una preparación dada sólo contiene una proporción insignificante de substancias ajenas. Todos los datos disponibles acerca de la composición del virus gripal están basados en el supuesto de que la técnica apropiada — que ordinariamente comprende la adsorción en los glóbulos rojos y levigación de los mismos, seguidas de una serie de purificaciones en la ultracentrífuga, suministra, de hecho, una suspensión de virus virtualmente puro.

Varios laboratorios han estudiado la composición de semejantes virus, con resultados ampliamente consistentes, a excepción de lo que se refiere al punto vital del contenido de ácido nucleico. Sin embargo, existe variación suficiente en los resultados para colegir que ninguno de los análisis es exacto. Ni creemos justificado, a pesar de las cifras que aparecen en los trabajos, el asenso a las afirmaciones de que existen diferencias notables en la composición de estirpes diferentes de virus gripales. Con estas salvedades, podemos formular una tabla de observaciones respecto de la composición química del virus purificado de la gripe. Las medidas físicas indican un contenido de agua alrededor de un 40%, no debiendo echarse en olvido en toda deliberación sobre los resultados químicos que aquéllas se expresan en términos de composición percentesimal de material completamente seco.

Constitución química del virus seco de la gripe

Análisis elemental:		Lípidos: (23%)	
Carbono	52%	Fosfolípido	11%
Nitrógeno	9,5%	Colesterol	5%
Fósforo	0,9%	Grasa neutra	7%

Proteína	65%
Carbohidratos	10%
Acido nucleico	0,8% (ácido ribonucleico)

Algunas de estas cifras requieren comentario. El valor del carbohidrato es mucho más elevado del que podría explicarse por la ribosa del ácido nucleico, y, según Knight [5], se hallan presentes la manosa, galactosa y hexosamina. Estos son precisamente los componentes en todas las mucoproteínas con los que el virus gripal reacciona enzímicamente, y existe una sospecha de que el carbohidrato se ha derivado directamente de la célula huésped y de que no sea parte intrínseca de la partícula de virus.

Los lípidos presentes son también del mismo carácter general que los que se encuentran en la superficie de las células de cualquier vertebrado. A Taylor, Sharp, *et al.* debemos la cifra del 23%; otros han obtenido valores más elevados. Es interesante notar a este propósito el descubrimiento de Cohn [6] de que cuando se agrega fósforo «etiquetado» a los embriones de polluelo, el efecto principal de la infección por el virus

FIGURA 1 – *Micrografía electrónica de virus de la gripe purificado, mostrando moderadas variaciones en tamaño y configuración.* (× 20 000)

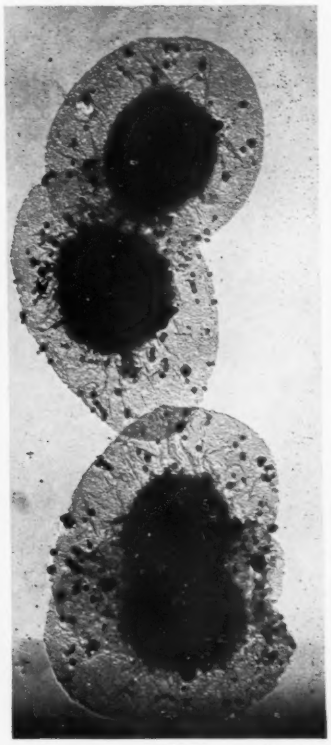


FIGURA 2 – *«Espectros» de glóbulos rojos de ave, gallina doméstica, a los que se han adsorbido partículas del virus «Newcastle» (muy estrechamente relacionado con el virus de la gripe).* (× 3200)

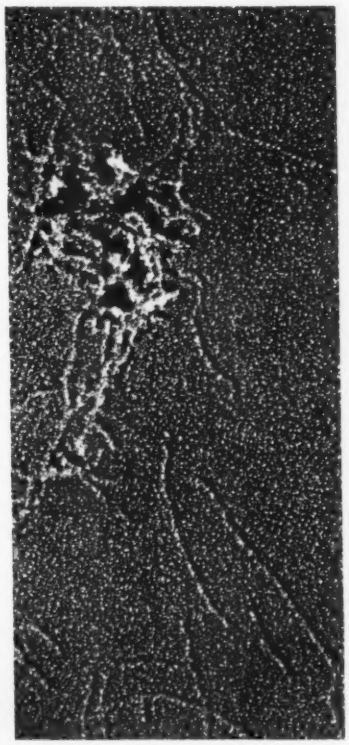


FIGURA 3 – *Una substancia receptora: macromoléculas de la mucoproteína urinaria que puede servir como substancia receptora y como substrato de la enzima del virus de la gripe.* (× 30 000)

Micrografías electrónicas por R. F. Mitchell y G. L. Ada (inéditas).

gripal es incrementar grandemente la absorción del fósforo en la fracción fosfolípida.

Se han hecho públicos los análisis de los aminoácidos procedentes del virus gripal pero, como era de esperar, presentan el mismo tipo de distribución que el encontrado en extractos celulares. El descubrimiento más importante en relación con la proteína es que una proporción notable, del 20 al 30%, de la que se halla en la superficie del virus, reacciona inmunológicamente con sueros preparados inmunizando conejos con el correspondiente extracto de la célula huésped. El virus purificado del huevo reacciona con el suero de un extracto antiembriónico, y el virus purificado del ratón reacciona con el suero anti-ratón. Nunca se ha establecido con claridad, ni tal vez se consiga nunca, si esta inactividad se debe a contaminación con proteína del huésped o a la proteína realmente incorporada en la partícula del virus.

Es punto de discusión el contenido de ácido nucleico de las partículas, principalmente a causa de la dificultad técnica muy considerable para poder apreciar pequeñas cantidades de ácidos nucleicos en material complejo que, a más de dicho ácido, contenga azúcares y substancias portadoras de fósforo. Combinando tres diferentes líneas de investigación — relacionadas respectivamente con la naturaleza del azúcar en el ácido nucleico extraído, con la determinación aproximada de fósforo después de extracción completa de lípidos, y con las curvas de absorción ultravioleta — Ada llegó a la conclusión de que la cantidad de DNA presente es bastante menos de una molécula por partícula de virus, y que el total de ácido nucleico es considerablemente menor que el calculado por investigadores anteriores. Su cálculo da 0,8% de RNA.

Si examinamos ahora los caracteres físicos y químicos del virus gripal, según los esbozamos anteriormente, se hace muy difícil contradecir el

concepto de Bauer de que el virus de la gripe es «meramente un fragmento de citoplasma enfermo». Virtualmente, la sola cualidad que lo distingue en un plano físico-químico es la morfología de las partículas. Si se consideran como fragmentos de citoplasma de la célula huésped, es forzoso admitir que se trata de fragmentos de material dentro del cual ha tenido lugar una reorganización estructural significativa.

Poco se ha publicado acerca del desarrollo de unidades morfológicas en la célula infectada. Los dos grupos de investigadores norteamericanos que estudiaron delgadas secciones de células embriónicas por medio del microscopio electrónico, están conformes en afirmar que no pueden observarse estructuras internas en las primeras etapas de la infección, siendo la acumulación de esferas y filamentos a lo largo del borde libre de la célula la única anormalidad visible. Según ellos, las partículas del virus gripal, o bien han sido «creadas» por la expulsión de porciones, convenientemente organizadas, de la superficie de la célula, o bien el proceso de desarrollo intracitoplásmico de nuevas partículas de virus no produce desorganización visible del citoplasma. Con los virus afines, pero mucho más patógenos, de la «enfermedad de Newcastle» y la «plaga de las aves de corral» observamos un deterioro visible del citoplasma y mitocondrios en células de cultivo de tejido no seccionado. Flewett y Challice observaron largos filamentos en el citoplasma de los cuales parecían desarrollarse por fragmentación las partículas del virus de la plaga de las aves de corral. Sin embargo, a causa del método empleado, no se tiene certeza de que los filamentos observados estuviesen realmente en el citoplasma y no en la superficie.

DESARROLLO DEL VIRUS GRIPAL EN LA CELULA HUESPED

Quedan por dilucidar todavía muchos puntos acerca de la multiplicación intracelular del virus gripal, y es posible que nuestras ideas presentes deban sufrir una alteración bastante radical si resultan ser erróneas algunas de las suposiciones acerca de la relación cuantitativa de la titulación de la hemaglutinina y de la infectividad con el número de partículas de virus. Con todo, en el momento presente parece existen buenas razones para el siguiente bosquejo de lo que acontece cuando una partícula de virus penetra e inicia la infección en una célula susceptible de la cavidad alantoica.

La primera fase indispensable es la adsorción de virus por algunos de los «receptores» mucoproteínicos de la superficie de la célula (Fig. 3). Una vez adherido se dobla probablemente dentro del citoplasma por un proceso análogo al de la mojadura de una partícula de polvo por una gota de agua. La interacción del virus y una parte de su medio ambiente inicia en el citoplasma un proceso por el cual la partícula de virus desaparece como una entidad demostrable. Con un poco de imaginación y algunas indicaciones tomadas del comportamiento de los virus bacteriales, podemos representarnos un desdoblamiento de la partícula, que tiende primariamente a que sus elementos genéticos establezcan contacto eficaz con los componentes celulares que conducen la energía y material indispensables para su reproducción. Ningún virus es perceptible a las tres o cuatro horas después de su entrada, y durante ese período debemos suponer un proceso de multiplicación rápida de elementos genéticos. En general, su reproducción toma probablemente la forma de «grupos de enlace» independientes, si bien las pruebas genéticas indican también la posibilidad de la reproducción independiente de unidades o grupos genéticos más pequeños. La relación entre la repetición genética y la reproducción de lo que cabría llamar cualidades somáticas de hemaglutinina y antígeno es problema de gran envergadura para el futuro. Se ha insinuado la idea de que el complejo de unidades genéticas con elementos sintetizadores de proteína de la célula huésped que contiene RNA, podría muy bien igualarse con el «antígeno soluble, fijador del complemento» que las células infectadas producen en cantidades relativamente grandes. Esto, sin embargo, puede representar «una confusión de categorías», que probablemente no aceptan la mayoría de virólogos. Sea cual fuere el proceso, después de unas cuatro horas se perciben dentro de los glóbulos nuevas partículas infecciosas y hemoglutinadoras, y algo más tarde empiezan a ser liberadas en el medio. El proceso de liberación no se parece a la salida explosiva del virus de una bacteria infectada. Es un proceso que alcanza su máximo dos o tres horas después de la aparición primera del virus y puede continuar tal vez durante veinticuatro horas (liberándose un total por célula de 100 a 200 partículas-hijas del virus). No se hace patente el grave daño ocasionado en una célula sino algunas horas después del período de producción y liberación activísimas de virus. En diversidad de condiciones medianamente desventajosas, la nueva progenie de virus contiene una proporción (algunas veces mayor de un 99%) de virus «incompletos», que si bien pueden aglutinar

glóbulos rojos, son incapaces de inducir en células susceptibles frescas la infección típica.

CONCLUSION

Este bosquejo de las propiedades y comportamiento de uno de los organismos vivientes más sencillos debe, por necesidad, ser muy incompleto, pero aun dentro de los límites de lo que ya sabemos, parece presentar para la biología general una lección importante. Esta lección es el valor y significado de la «organización». Considerado aparte de las «organizaciones» específicas que presentan las macromoléculas concernientes, cualquier tipo de partícula de virus gripal es como otro cualquiera, distinguiéndose de un fragmento de citoplasma de la célula huésped tan sólo por una moderada regularidad en el tamaño y forma. Sin embargo, algunas de las proteínas tienen «organizaciones» específicas nuevas que reemplazan — tal vez se agregan — a las organizaciones características de las proteínas del huésped, y podemos estar seguros de que el 0,8% vital de RNA trae consigo un «código» que difiere en absoluto del que lleva el RNA citoplásmico del que por necesidad deriva. La posibilidad de que la gran cantidad de lípidos en la partícula tenga también su propia serie de organizaciones específicas, es asunto que debe aguardar el nacimiento de un apropiado enfoque técnico. Según esto, pues, el virus de la gripe no es más que un fragmento de materia viviente que trae consigo organizaciones que determinan si, al igual que en la mayoría de estirpes de laboratorio, la partícula es virulenta tan sólo para el embrión de polluelo, o, en el peor de los casos, si es capaz de iniciar una gran epidemia como la del 1918, con sus veinte millones de víctimas.

En último análisis diremos que la organización molecular es un concepto estrictamente químico; y en el caso de especificidad antigénica los grupos verdaderos que intervienen determinando la organización antigénica se han encontrado en varios antígenos artificiales. En relación con este desarrollo, los nombres de Landsteiner y Pauling son los primeros en acudir a nuestra memoria. Los enzimólogos han sido mucho menos afortunados. La mayoría de las enzimas liberadas para funciones específicas se pueden obtener en la actualidad purificadas y en forma de cristales. Mucho se ha aprendido acerca de la especificidad de la acción enzímica en términos de estructuras químicas, que por un lado pueden o no ser separadas, y por el otro actúan o no como competidores inhibitorios de la acción enzímica. Sin embargo, lo mismo que no tenemos opción a referirnos al aspecto específico de anticuerpo como el «aspecto complementario» del determinante conocido o desconocido del antígeno correspondiente, del mismo modo nos vemos forzados a discurrir sobre la estructura esencial de la enzima como de una organización química (tal vez ligeramente desfigurada), complementaria del agrupamiento específico del substrato.

En el plano genético tenemos una clara indicación de que los genes simples pueden y acaso deben guardar relación específica con las organizaciones proteínicas funcionales que pueden expresarse como antígeno o enzima. El gran volumen de trabajo genético sobre organismos más complejos que bacterias y musgos atañe, sin embargo, a la sistematización de la herencia de los caracteres morfológicos y funcionales, que se encuentran por completo fuera del alcance de cualquier definición química. El tipo característico de generalización es el mapa cromosómico, una ordenación que, en resumidas cuentas, puede representar otra ordenación en la distribución de purinas y pirimidinas en una cadena macromolucular de DNA, pero que es altamente improbable que llegue a ser expresada en términos semejantes.

Una justificación muy razonable para investigar el virus de la gripe estriba en su importancia como causa de una enfermedad humana. Con todo, en la hora actual, tal vez se da mayor importancia a las investigaciones encaminadas a comprender el proceso de su ataque a la célula susceptible. Para el biólogo, un virus animal es un balón-sonda para explorar la estructura y funcionamiento de las células de los vertebrados, el cual, habida cuenta del creciente desarrollo de ideas de organización específica adquiere especial importancia. Puede que no sea todo fantasía afirmar que en el virus de la gripe tenemos una herramienta mediante la cual podremos penetrar en algunos de los misterios escondidos en las bases de la vida de las células.

REFERENCIAS

[1] Burnet, F. M. y Stone, J. D. *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.*, **25**, 227, 1947.
[2] Ada, G. L. y Stone, J. D. *Brit. J. exp. Path.*, **31**, 256, 1950.
[3] Hirst, G. K. *J. exp. Med.*, **96**, 589, 1952.
[4] Burnet, F. M. y Lind, P. E. *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.*, **30**, 469, 1952.
[5] Knight, C. A. *J. exp. Med.*, **85**, 99, 1947.
[6] Cohn, Z. A. *Proc. Soc. exp. Biol., N.Y.*, **79**, 566, 1952.

El primer microscopista inglés: Robert Hooke (1635–1703)

CHARLES SINGER

Bien conocido es el genio de Hooke en el campo de la experimentación mecánica; no lo es tanto su brillante labor biológica, quizás debido a que sólo dedicó a tales tareas el breve espacio de dos años. Su *Micrographia* (1665) — de la que reproducimos aquí algunas ilustraciones — no sólo es una obra de positivo valor intrínseco, sino que sirvió además de estímulo para los trabajos de otros investigadores contemporáneos suyos, especialmente Grew, Malpighi, Swammerdam y Leeuwenhoek.

Las primeras observaciones hechas con la ayuda del microscopio compuesto, inventado por Galileo, fueron realizadas por sus compañeros de la *Accademia dei Lincei*, principalmente por su Presidente, Federigo Cesi (1585–1630), y su secretario, Francesco Stelluti (1577–1653), entre los años 1611 y 1624 (*Endeavour*, **12**, 197, 1953). Durante los años inmediatamente siguientes, esas anotaciones fueron extendiéndose algo, pero despertaron escaso interés científico. El período de 1625 a 1665 aparece casi vacío en la historia de la micrografía: aparte de ciertas observaciones sobre los capilares sanguíneos, hechas por Malpighi hacia 1661, no surgió nada de verdadero interés hasta que Robert Hooke publicó su gran *Micrographia* (Londres, 1665). Esta publicación fué estimulada por la *Royal Society*, recién fundada en Inglaterra, del mismo modo que el *Apiarium* de Stelluti y Cesi fué patrocinado por la *Accademia dei Lincei*. Pero, a diferencia del *Apiarium*, la *Micrographia* de Hooke despertó gran interés, fué muy leída y se convirtió muy pronto en obra clásica de la «Nueva Filosofía».

Se reconocen generalmente la habilidad mecánica, el genio inventivo y la extraordinaria intuición científica de Robert Hooke. Otras facultades de Hooke han sido menos advertidas, y nos proponemos considerar en este artículo su excepcional capacidad para la observación de la naturaleza.

Galileo y sus sucesores habían dirigido la atención de los hombres hacia la inmensidad del universo, pero en 1665, no tenían conocimiento del mundo de los complejos y extraordinariamente diminutos seres vivos, que Hooke fué el primero en explorar a fondo. Respecto a las estructuras vivas que escapaban al alcance de la visión natural, sólo se habían hecho hasta entonces conjeturas. Hooke dice acerca de su instrumento que «el poder de considerar, comparar, alterar, asistir y mejorar las obras de la naturaleza podía ser ayudado por las Artes y la Experiencia hasta el punto de hacer a ciertos hombres superar a otros casi tanto como a los animales en sus observaciones y deducciones». Hooke fué fundamentalmente un experimentador físico y sólo dedicó a las observaciones biológicas algo más de dos años (1663–4). Sus descubrimientos, verdaderamente extraordinarios, hechos en tan breve período, se recogen en ese libro, especialmente en sus magníficas ilustraciones. Algunas de ellas fueron tal vez dibujadas por Christopher Wren (1632–1723), contemporáneo exacto del más activo de los grandes microscopistas, Antoni van Leeuwenhoek.

De las aportaciones biológicas positivas de Hooke la más conocida es su introducción de la palabra «célula». En una fina sección de una pieza de corcho observó una serie de «poros». Descubrió varias líneas de esos poros, y encontró que «había generalmente tres hileras de pequeñas células colocadas longitudinalmente en la dieciochoava parte de una pulgada» (Fig. 2). Hooke no podía conocer, claro está, la naturaleza de una célula en el sentido moderno de la palabra, y usaba este término como equivalente de las paredes de una pequeña cámara. Sin embargo, una de sus figuras presenta los contornos de las células vivas en la superficie de una hoja de ortiga (Fig. 4) y da una explicación del mecanismo punzante. En otra figura reproduce un musgo donde describe y delínea las células vivas de las hojas (Fig. 5D).

«El musgo tiene una raíz con pequeñas fibras o retoños de los que surge la planta, que se halla acanalada por pequeñas estrías paralelas a lo largo del tallo; a los lados de éste, hay manojos espesos de bellas y bien formadas hojas cuyas dos

FIGURA 1 – *Microscopio de Hooke, que fué el único microscopista clásico que utilizó un instrumento compuesto. El tubo cilíndrico de este aparato, de unos 15–18 cm de longitud podía extenderse mediante cuatro tubos telescópicos. El ocular era plano-convexo y se apoyaba en lo alto del cilindro. El objetivo era biconvexo, de longitud focal muy corta, y tenía un diafragma con agujero de espiga. (Para ciertos trabajos, Hooke introducía un tercer cristal entre esos dos.) La estructura en forma de copa sobre el cilindro servía para mantener el ojo a la debida distancia de la lente superior. El pintoresco aparato de iluminación nunca pudo ser muy efectivo.*

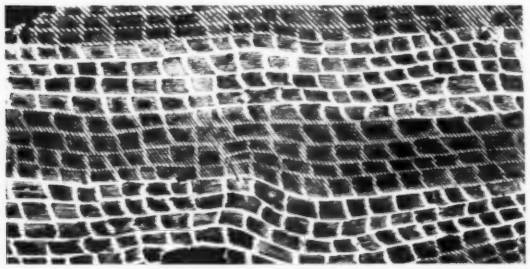


FIGURA 2 – *Paredes de células en una fina sección de corcho.*

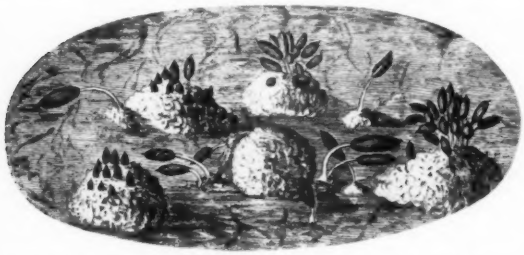


FIGURA 3 – *Superficie de una hoja de rosal infectada con moho del tipo* Ascomycetes.

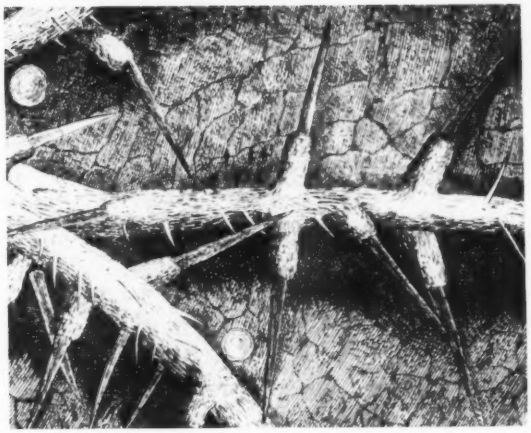


FIGURA 4 – *Envés de una hoja de ortiga. Las pequeñas cerdas se distinguen de las grandes púas, que tienen bases celulares parecidas a bulbos. Se ven los contornos de las células epidérmicas y quizás se indican vagamente los núcleos de algunas.*

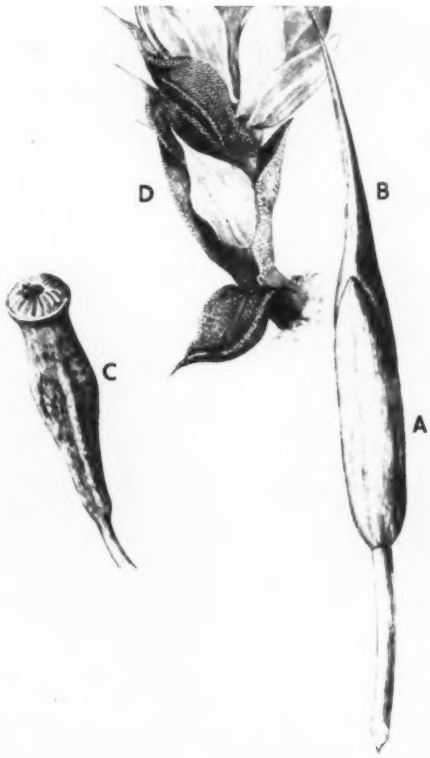


FIGURA 5 – *Una planta de musgo (posiblemente* Polytrichum*). Se ven los contornos de las células en la superficie de algunas hojas. B. Seta, con una cápsula con caliptra en su lugar. C. La caliptra se ha desprendido quedando al aire el opérculo.*

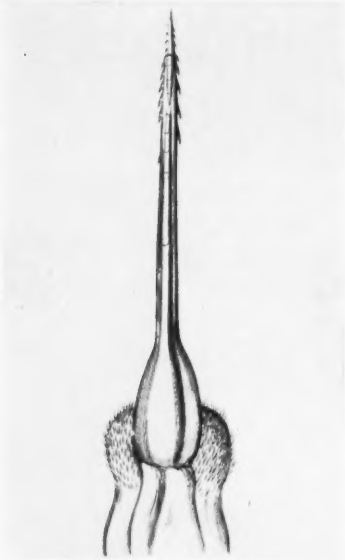


FIGURA 6 – *Aguijón de una abeja con la bolsa de veneno en la base. Pueden percibirse el director y los dos taladradores barbados.*

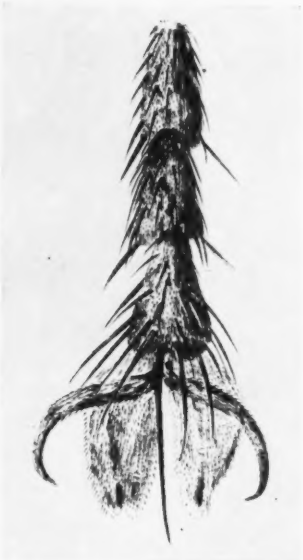


FIGURA 7 – *Tarso de una mosca casera, presentando claramente los pelos de las tres últimas articulaciones, las garras terminales y las dos almohadillas con sus minúsculos pelos.*

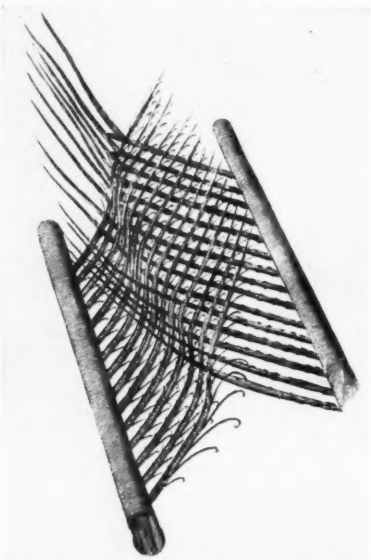


FIGURA 8 – *Elementos de una pluma de ganso con los pequeños ganchos de una bárbula entrelazándose con las protuberancias de otra.*

caras aparecen cubiertas por una multitud de pequeños cuerpos transparentes y oblongos (Fig. 5D). De la punta de las hojas brota una pequeña cerda o espina transparente (Fig. 5A), sobre la que crece una gran cápsula seminal cubierta por una fina membrana (caliptra) terminada en una larga púa (Fig. 5B) que va desgajándose gradualmente hasta que finalmente se desprende, dejando madurar a la cápsula. Esta, antes de que la semilla madure, tiene la apariencia de un botón plano. Al madurar, el botón se hace más grande, hasta que aparece un agujero en su centro» (Fig. 5C).

Son muy interesantes sus observaciones sobre los mohos. Describe un tipo — sin duda un *Mucor* — que crece en el cuero húmedo de los libros viejos. Vió otra clase (*Ascomycetes*) brotando en el envés de las hojas del rosal en el otoño. Con respecto a esta última, dibujó el desenvolvimiento de los filamentos portadores de esporas (Fig. 3).

Entre las figuras de Hooke tomadas del reino animal hay una que muestra la estructura del aguijón de la abeja, que aparece mejor dibujado que descrito (Fig. 6), y otra que representa la pata de una mosca, magníficamente reproducida (Fig. 7). Estas dos figuras se han convertido en objetos clásicos del estudio microscópico. Su representación de la estructura de una pluma (Fig. 8) no fué mejorada hasta el final del siglo 19. Las figuras más sobresalientes son las que aparecen en sus enormes planchas sobre el piojo y la pulga. Esta última tiene 40 cm de longitud (Fig. 9) y ofrece extraña similitud con el curioso dibujo «El fantasma de una pulga» hecho por el pintor William Blake 150 años más tarde (Fig. 10).

La agudeza de Hooke como observador se manifiesta particularmente en su tratamiento de los ojos compuestos de los insectos. Estos órganos consisten en la combinación de un gran número de elementos, cada uno de los cuales está provisto de sus propias lentes y aparato nervioso. Cada elemento es capaz de recoger la visión de un objeto desde un ángulo ligeramente distinto del de los elementos vecinos. Cómo pueden fundirse todas estas imágenes en una — si es que se funden — y cómo puede reaccionar el insecto ante el resultado es un problema permanente de la psicología animal. El genio de Hooke se destaca por la rapidez y la seguridad con que se hace cargo de tales problemas.

«Tomé una libélula macho gris, que tenía una gran cabeza y, cortándola, la fijé con la cara hacia arriba sobre la platina (Fig. 11). Encontrí que este insecto tenía mayor masa ocular en proporción con su cabeza que los de cualquier otra mosca pequeña. La mayor parte de la cabeza estaba formada por dos masas de gran tamaño y

protuberancia. La superficie de cada una de ellas estaba compuesta de una multitud de pequeños hemisferios colocados en hileras. Me aseguré de esto mediante la regular reflexión de la imagen de objetos que movía entre la cabeza y la luz, y examinando la córnea, después de haberla desnudado, mirándola en su interior y contra la luz. Cada uno de esos hemisferios reflejaba en su superficie una imagen de cualquier objeto tan exacta y perfecta como la de una gota de mercurio del mismo tamaño. En cada uno de esos hemisferios podía descubrir un paisaje de las cosas que se hallaban delante de la ventana, así como las partes de la ventana misma (Fig. 14), y mi mano y dedos, si los colocaba entre la ventana y el objeto».

Una de las observaciones biológicas de Hooke mejor estructuradas es la referente al jején común (Fig. 12). Durante su vida este insecto sufre varias metamórfosis completas que hoy se estudian en las lecciones elementales de historia natural. Hooke fué el primero que describió con exactitud esas fases.

«La larva acuática de un *Culicine* difiere totalmente en su forma de todas las que había observado hasta entonces; su movimiento es igualmente extraño. Tiene una cabeza muy grande en proporción con su cuerpo (Fig. 13). Tiene dos antenas casi iguales a los cuernos invertidos de un buey, con penachos de cerdas en lo alto. Esas antenas se mueven fácilmente en uno y otro sentido y podrían ser ventanas de la nariz (en realidad son las antenas, con cuyo incesante movimiento el animal se alimenta de diminutos organismos del agua). Tiene una boca grande, que se parece mucho a las de los cangrejos y langostas.

Podíe percibir distintamente, a través de la concha transparente, varios movimientos en la cabeza, torax y abdomen, lo que demostró la gran utilidad del microscopio para estudiar el cuerpo de los animales. Con este instrumento se puede observar la naturaleza, a través de los diáfanos tegumentos de los insectos, actuando según su curso habitual, sin ninguna perturbación.

La forma completa de este animal puede ser percibida con claridad en el esquema (Fig. 13). Su abdomen consiste de ocho partes articuladas,

FIGURA 9 (*izquierda*) – *Cabeza de pulga.* (*Tamaño del original dibujado por Hooke pero invertido para compararlo con la Fig.* 10.)

FIGURA 10 (*derecha*) – *«Fantasma de una pulga», de un dibujo del pintor William Blake. Está claramente influido por el dibujo de Hooke. La primera articulación del miembro superior es la quijada inferior del fantasma. El pro-torax, el meso-torax y el meta-torax del animal son las placas del cuello del fantasma. Las cerdas del pro-torax del animal son los extraños mechones de pelos del fantasma.* (*Por autorización del Patronato de la Tate Gallery de Londres*).

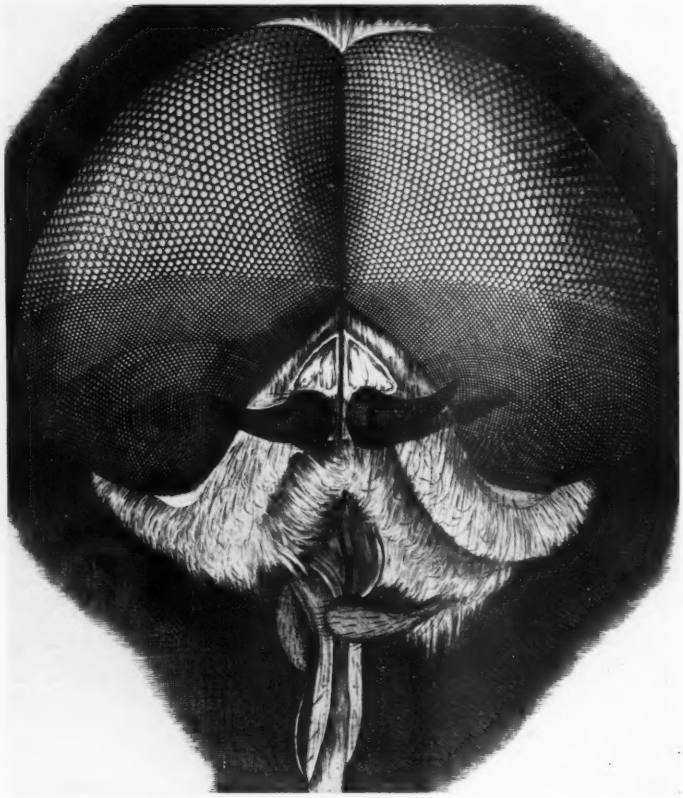


FIGURA 11 – *Cabeza de una libélula gris macho, de una especie no identificada. Hooke calculó que había en ella* 14 000 «*hemisferios*».

FIGURE 12 – *Hembra adulta del jején* (*posiblemente* Stegomya).

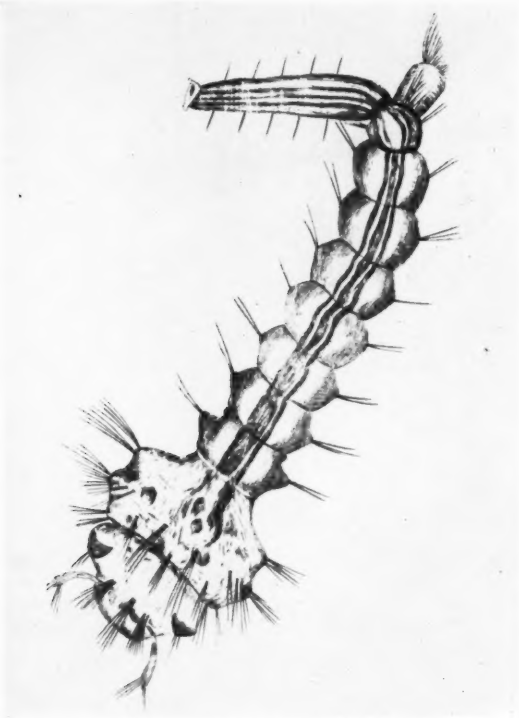


FIGURA 13 – *Larva de jején.*

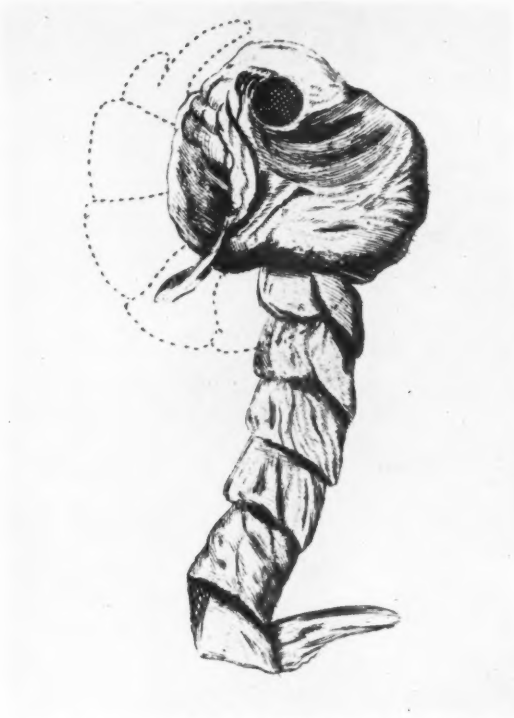


FIGURE 15 – *Crisálida de jején. Hooke ha indicado con líneas de puntos la posición del abdomen cuando el animal se sumerge.*

cada una de las cuales tiene en su centro por ambos lados tres o cuatro pequeñas cerdas. La cola está dividida en dos partes de diferente hechura; una tiene muchas cerdas, que parecen servir al mismo tiempo de aletas y de cola, de remos y timón. La otra parte parece constituir la novena división de su abdomen y tiene muchas cerdas aisladas en cada lado. Desde el extremo, a través de todo el abdomen, hay una especie de intestino de color más oscuro. El torax o pecho es ancho y corto y enteramente transparente, pudiéndose ver a su través el corazón palpitante y otros diversos movimientos. Está adornado de arriba abajo por varios penachos de cerdas. La cabeza aparece también revestida de esos penachos. Es ancha y corta y tiene dos ojos negros y dos pequeñas antenas.

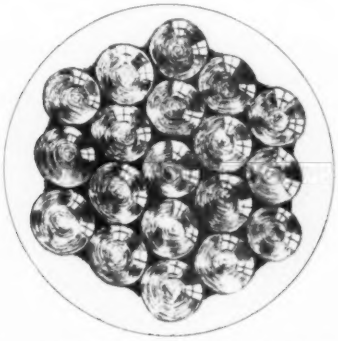


FIGURA 14 – *Parte de la superficie del ojo de una mosca casera. Contiene 19 «hemisferios». En cada uno de ellos se ven reflejadas las dos ventanas del laboratorio de Hooke.*

Su movimiento y su reposo son por igual extraños. Cuando el cuerpo queda quieto, la cola, más ligera que el resto y un poco más ligera que el agua en que nada, se eleva en el acto a la superficie de ésta, de donde el insecto queda suspendido con la cabeza hacia abajo. Si al dar un brinco el animal queda sumergido, recupera en seguida su posición con la cola sobre el agua. La suspensión de estos insectos en tal postura me recordó un animal que había visto en Londres, traído de América, que se colgaba de la cola con la cabeza hacia abajo, y que dormía en tal posición, con sus crías en una bolsa, provista por la naturaleza para

la producción, nutrición y conservación de las crías».

Hooke relata después la transformación de la larva en la crisálida todavía acuática y el emerger de ésta del perfecto insecto alado.

«Lo más notable de este insecto es su metamórfosis. Esto me hizo observar con especial atención el momento de su transformación. Observé que varios de ellos cambiaban en formas poco usuales, completamente diferentes de sus formas anteriores, haciéndose su cabeza y su cuerpo mucho más grandes, y su abdomen más pequeño, enrollándose en torno del gran cuerpo (Fig. 15). La cabeza y las antenas flotan ahora en lo más alto y su cuerpo parece mucho más ligero; pues, al hundirse hacia el fondo el insecto con bruscos movimientos de la cola, se ve que el cuerpo asciende de nuevo a la superficie con más rapidez que en su forma anterior.

Seguía observando su progreso y viendo como se hacía cada vez más grande. La naturaleza le prepara para el elemento más ligero en que va a vivir ahora, pues, al observarle con el microscopio, se ve que tiene unos ojos diferentes de los de antes, apareciendo ahora sobre prominencias, como los ojos del jején. Parte de su cuerpo nada por encima del agua y parte por debajo. Al poco tiempo, comienzan a aparecer la cabeza y el cuerpo de un jején, que se mantienen sobre la superficie. Gradualmente desarrolla sus patas; primero las delanteras y luego las de atrás, surgiendo al fin todo el cuerpo perfecto de la cáscara (que queda abandonada en el agua), sosteniéndose con sus patas sobre la superficie de la misma. Poco a poco empieza a moverse, hasta que emprende el vuelo de un perfecto jején» (Fig. 12).

La aparición de *Micrographia* dió origen a un aluvión de descubrimientos microscópicos. En Italia, Marcello Malpighi (1628–1684), que había empezado ya sus exploraciones microscópicas, intensificó ahora sus trabajos. En Inglaterra, Nehemiah Grew continuó las investigaciones de Hooke sobre las plantas, y sus figuras fueron modelos clásicos durante siglo y medio. En Holanda, dos genios micrográficos: Jan Swammerdam y Antoni van Leeuwenhoek extendieron enormemente el conocimiento del mundo microscópico. Ninguno de ellos tenía la intuición imaginativa ni la habilidad literaria de Hooke, y, lo que es más raro, ninguno de los cinco microscopistas clásicos estuvo en íntima relación científica con los otros, ni dejó discípulos notables. Después de ellos sigue otro período relativamente estéril, ininterrumpido realmente hasta que en el siglo 19 mejoraron las propiedades ópticas del microscopio.

Considerando sus numerosas ocupaciones de otra índole y el carácter experimental de sus observaciones, a las que sólo dedicó 2 años, los resultados de Hooke son tal vez los más notables de todos los alcanzados por los microscopistas clásicos. No es el menor de sus triunfos el hecho de que supiera presentar sus descubrimientos en forma clara y atrayente, que no deja de tener un valor literario. Hooke fué no solamente uno de los más hábiles e ingeniosos técnicos que Inglaterra ha producido y un científico teórico de primer orden, sino también un excelente observador de la naturaleza y un maestro del idioma inglés. Rara vez se unen tan diversos virtudes en una sola persona.

La ampliación usada por Hooke no excedió nunca de 150 diámetros, y variaba de una figura a otra. Además, algunos de sus originales se han reducido un poco para adaptarlos a nuestras páginas; de modo que es difícil determinar un grado exacto de ampliación para cada figura. Como ejemplos, podemos decir, sin embargo, que en *Micrographia*, la ampliación de la pluma (Fig. 8) es de unos 124 diámetros; de la pulga (Fig. 9) de unos 120 diámetros, y del *Ascomycetes* (Fig. 3) de unos 56 diámetros.

Debemos dar las gracias a Miss Margaret E. Rowbottom, del Wellcome Historical Medical Museum, por estos cálculos.

Los doce blancos

E. N. WILLMER

La sensación que llamamos «blanco» — necesariamente subjetiva y difícil de definir con precisión — puede ser efecto de la irradiación del ojo con una combinación de todas las longitudes de onda visibles en proporciones correspondientes, por ejemplo, a la luz del cielo nublado. Pero también existen otras muchas condiciones en las que puede producirse la sensación de blanco. Además — y éste es un punto importante para el estudio del mecanismo de los receptores retinianos — ambos ojos pueden producir simultáneamente la misma sensación partiendo de estímulos distintos.

Una teoría de la visión del color, para ser satisfactoria, debe integrar las propiedades físicas de la luz, las fisiológicas de la retina y sus conexiones con las apropiadas regiones del cerebro, y las características psicológicas de la mente. Con ello, la teoría debe dar adecuada explicación no solamente a las sensaciones de color sino a la más fundamental, aunque menos espectacular, sensación de blanco, la cual igualmente debe tener su origen en los planos físico, fisiológico y psicológico.

La blancura, al igual que el color, es un fenómeno subjetivo, sinónimo de una ausencia completa de matiz. Es cierto que en igualdad de otros factores, la luz del cielo nublado, reflejada por una superficie de óxido de magnesio puede llamarse «luz blanca»; un cuerpo negro radiando luz a una temperatura de 5500° K puede también evocar la sensación de blanco. Ambos podrían ser adoptados como «norma» para el blanco; sin embargo, ambos producen una sensación no de blanco sino de verde cuando el ojo del observador ha quedado expuesto previamente durante algunos minutos a una brillante luz roja y se ha «adaptado» a la misma. La Fig. 4 ilustra cómo una página blanca puede parecer en ciertas circunstancias de otro color.

La luz del sol puede considerarse a veces blanca pero generalmente parece amarillenta. Bajo ciertas condiciones puede parecer blanca, siendo un fenómeno curioso, que tiene probablemente una base fisiológica y psicológica, que la superficie más blanca o menos saturada en el campo de visión en un momento determinado tiende a ser considerada como blanca hasta que se introduce algo más blanco. Además, superficies que se sabe son fundamentalmente blancas, por ejemplo, el papel blanco o una pared blanca, se las sigue denominando blancas incluso cuando el rojo (o cualquier otra luz coloreada) es reflejado por las mismas.

Las diferentes condiciones bajo las cuales la sensación de blanco puede producirse son, brevemente, las siguientes:

1. Bajo luz diurna ordinaria o condiciones «fotópicas» (*v.g.:* cuando el ojo se halla adaptado a la luz y cuando los colores, si los hubiera, serían plenamente perceptibles), la sensación de blanco se produce por la irradiación simultánea del ojo con luz de todas las longitudes de onda del espectro visible en cantidades aproximadamente correspondientes a su distribución en el espectro de la luz de día o de un cuerpo negro radiando a 5500° K. Bajo las condiciones descritas, se puede escojer casi cualquier patrón arbitrario como blanco, puesto que bajo condiciones razonablemente normales se puede conseguir que produzca una sensación de ausencia de color.

2. La sensación de blanco también resulta de la mezcla de ciertos pares de luces de determinadas longitudes de onda, llamados pares complementarios, siempre que se mezclen en correcta proporción. Por ejemplo, si una luz amarilla se mezcla con la cantidad apropiada de luz azul, aparece blanca (Fig. 1); de forma parecida, la adición de luz roja a un azul-verde apropiado, produce la desaparición de todo color; tales mezclas de pares de longitudes de onda pueden igualarse exactamente al blanco obtenido por la mezcla de todo el espectro anteriormente descrita. Debemos hacer notar que la mezcla de los *pigmentos* amarillo y azul no produce el mismo resultado, debido a que tal mezcla es subtractiva mientras que la de las luces es aditiva.

3. Es bien sabido que durante las horas del crepúsculo, las flores azules parecen perder su color, pasando a ser blancas, en tanto que las flores encarnadas se vuelven negras. Un observador que en una cámara obscura examine un campo visual iluminado por una luz azul o azul-verde, observa, reduciendo gradualmente la intensidad de la luz, que llega un cierto punto, dependiente de la longitud de onda, en que la luz pierde el

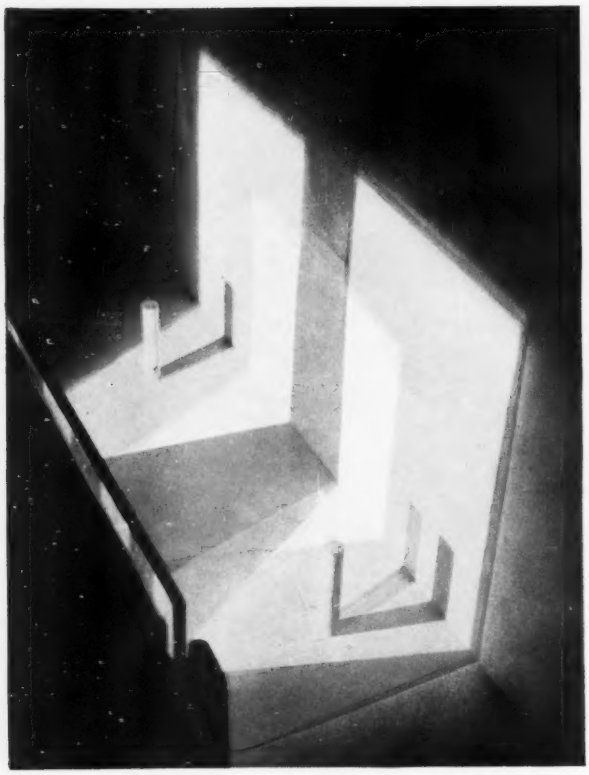


FIGURA 1 – *El blanco de la izquierda es una mezcla de azul con amarillo monocromático. El blanco de la derecha es una mezcla de azul con amarillo obtenido mezclando rojo con verde.*

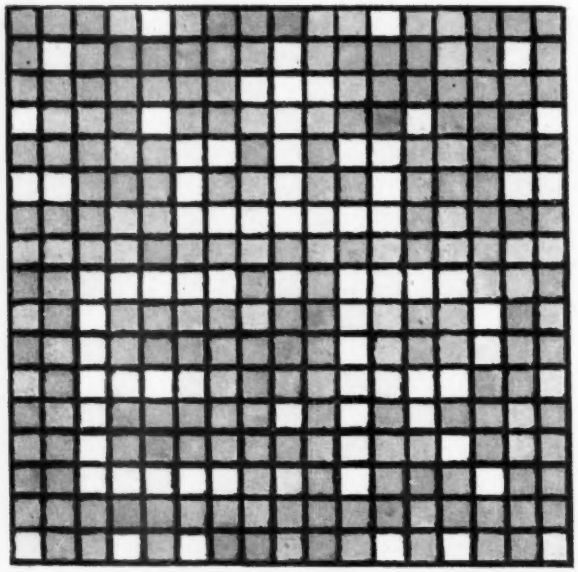


FIGURA 2 – *Si no puede distinguirse un diseño en esta figura, obsérvesela desde una distancia de más de 4 metros. (Esta figura debe examinarse con luz diurna.)*

FIGURA 3 – *(Derecha) Mírese fijamente el punto verde desde una distancia de 3 a 4 metros y obsérvese lo que ocurre con los puntos amarillo y blanco. Compárese su color con el anillo blanco.*

FIGURA 7 – *Acérquese el papel a la cara de manera que el ojo derecho mire directamente al punto blanco. Muévase lentamente hacia adelante la página de la derecha desde una posición detrás del campo de visión del ojo derecho hasta que las zonas coloreadas entren lentamente*

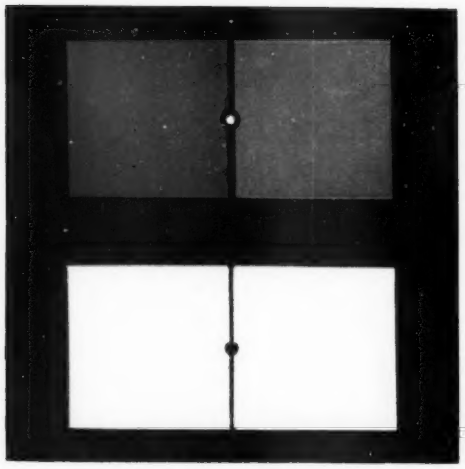
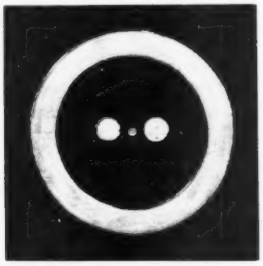


FIGURA 4 – *Mírese fijamente el punto blanco entre los campos rojo y verde durante unos 20 seg. Muévase rápidamente la vista al punto negro en la parte inferior del diagrama y obsérvense los campos «blancos».*



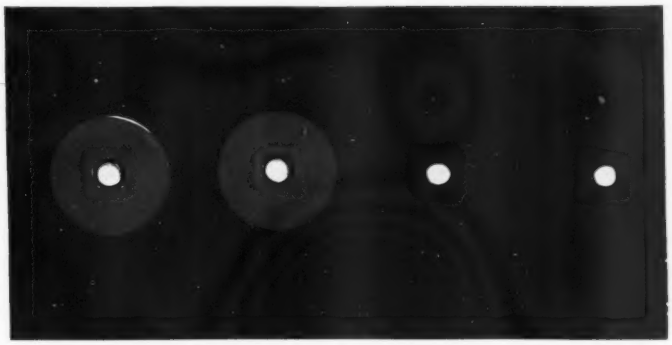


FIGURA 5 – *Examínense estos puntos desde una distancia de 4m. Fíjese la vista sucesivamente sobre cada uno, y clasifíquense según su grado de blancura.*

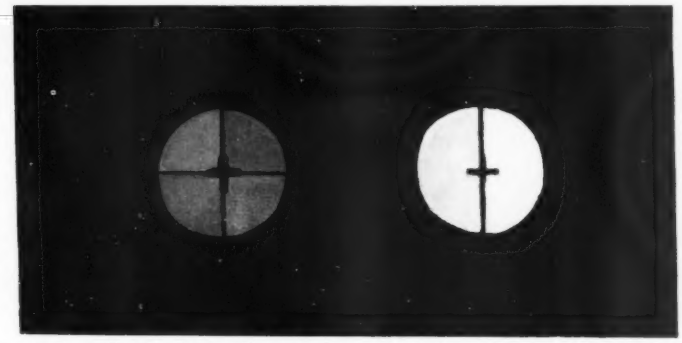
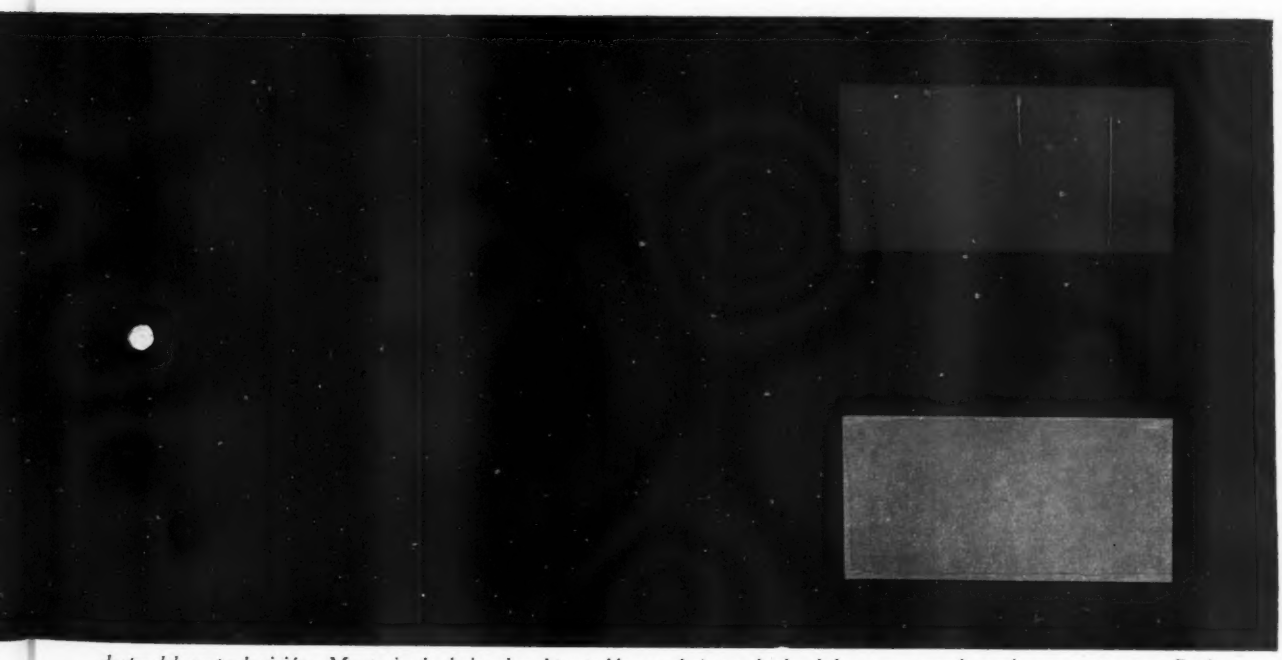


FIGURA 6 – *Desde una distancia de 4 metros mírese fija y sucesivamente con un solo ojo las cruces en el centro de los dos campos circulares. Evítese el movimiento del ojo. (Es preferible observar esta figura con luz diurna.)*



dentro del campo de visión. Manteniendo el ojo sobre el punto blanco, obsérvese el color de las zonas cuando comienzan a aparecer. Repítase con la página de la izquierda, empleando el ojo izquierdo. Obsérvese especialmente el aspecto de la mancha superior de la página de la izquierda.

color. Se observa que por debajo de un cierto nivel de brillo o luminiscencia, cualquier luz, con la posible excepción del rojo vivo,— independientemente de que sea monocromática o que cubra todo el espectro — pierde todo su color. Además, si a una luz que parece blanca bajo condiciones «fotópicas» se le va reduciendo su luminiscencia hasta que sea sólo visible con el ojo adaptado a la completa obscuridad (esto es, bajo condiciones «escotópicas») la sensación que produce permanece falta de color, en ausencia de factores perturbadores, desapareciendo finalmente a través del gris hasta el negro. Existe pues, una transición continua desde el blanco «fotópico» hasta el blanco «escotópico», aunque uno puede ser producido por todo el espectro y el otro por una banda limitada de ondas. El blanco puede, por lo tanto, resultar de una luz de cualquiera o de todas las longitudes de onda (con la posible excepción del rojo extremo), con tal de que su intensidad sea menor de cierto nivel y que el observador esté adaptado a la oscuridad.

4. Todos los colores, si son lo suficientemente brillantes, tienden a perder su color; se desaturan y llegan a parecer blancos. Esto ocurre más fácilmente con los amarillos y verdes, ya menos saturados originalmente, y menos fácilmente con los violetas y rojos, profundamente saturados. Los colores no solamente se desaturan hacia el gris o negro a niveles inferiores de luminiscencia sino que también se desaturan hacia el blanco a luminiscencias elevadas; este efecto no es necesariamente el resultado de una banda espectral más ancha que llega al ojo a luminiscencias elevadas, por más que esto puede a veces contribuir a tal resultado. El blanco puede ser así efecto de la desaturación de colores a luminiscencia elevada.

5. La Fig. 2, vista de cerca, carece de significado para muchas personas, pero a una distancia de 3–4 metros surge el diseño claramente. Por idéntica razón, el punto amarillo de la Fig. 5, que está rodeado de azul, observado a unos 4 metros parece completamente falto de color. Y mirado con atención puede parecer aun más blanco que el punto verdaderamente blanco sobre fondo negro cuando este último es también observado fijamente. Examinando los puntos de esta figura sucesivamente, cabría decir que aumentan en blancura hacia la izquierda. La causa de estas anomalías es todavía desconocida. Quizá sean en parte el resultado de un contraste simultáneo; quizá debidas a la difusión y superposición de las imágenes en la retina; o tal vez tienen igual origen que los efectos descritos en el grupo siguiente. Se produce blanco por lo tanto cuando un reducido campo amarillo está rodeado por un pequeño campo azul o situado cerca del mismo.

6. El estudio de los efectos de una fijación continua sobre la apariencia de los colores ha demostrado que la fóvea central (que es el punto del ojo con la más precisa visión de forma) produce ciertas y definidas confusiones de color; esto ayuda a explicar la apariencia del diseño que surge de la Fig. 2 vista a una cierta distancia, y es causa de que el círculo cuarteado de la Fig. 6 aparezca como un campo simplemente biseccionado cuando su imagen cae sobre la fóvea. Bajo tales condiciones, un punto en la región amarilla del espectro (aproximadamente 5700 Å) puede aparejarse satisfactoriamente con el blanco. Mirando atentamente el punto verde de la Fig. 3, desde una distancia de unos 3–4 metros, desaparece toda diferencia de matiz entre los dos puntos adyacentes, pareciendo ambos faltos de color. Se produce una sensación de blanco en el punto neutro (5700 Å aproximadamente) del espectro cuando la visión está limitada a la fóvea central mediante una sostenida fijación directa del ojo.

7. Un fenómeno parecido ocurre con la visión periférica extrema bajo condiciones fotópicas cuando un destello de luz verde (unos 5000 Å) incide sobre el ojo según un ángulo de algo más de 70° con la dirección de visión. Todas las longitudes de onda menores a unos 5000 Å aparecen azuladas bajo tales condiciones, mientras que todas las longitudes de onda mayores aparecen amarillentas (Fig. 7). Se produce por lo tanto una sensación de ausencia de color bajo condiciones fotópicas cuando una reducida banda de longitudes de onda del espectro a unos 5000 Å ilumina el extremo periférico de la retina.

8. Bajo condiciones de reducida iluminación, la anterior banda de ondas se extiende sobre el espectro en ambas direcciones hasta que solamente las longitudes de onda más largas parecen coloreadas, por cierto pareciendo rojas, en vez de amarillentas, como ocurre bajo condiciones fotópicas. Todo el resto del espectro produce una sensación de ausencia de color, y tal efecto, aunque ocurre a un nivel de brillo más elevado, es probablemente comparable con el descrito anteriormente en el párrafo 3. En condiciones de débil iluminación, aunque no estrictamente escotópicas, todas las longitudes de onda del espectro, desde el violeta al anaranjado, producen una sensación blanca en el extremo periférico de la retina.

9. Las personas que poseen una visión de color anormal y que pueden igualar todos los colores

espectrales mediante dos colores primarios en vez de tres, se denominan dicrómatas y se clasifican en tres grupos principales: 1) protanopos, con frecuencia designados erróneamente como ciegos para el rojo; 2) deuteranopos, a menudo llamados incorrectamente ciegos para el verde; 3) tritanopos, impropiamente clasificados como ciegos para el azul. Todos poseen un punto neutro en el espectro que pueden equipararlo con el blanco y el cual tiene para ellos la misma cualidad que su sensación escotópica de la luz. Esos puntos neutros ocurren en sitios distintos, según la naturaleza del defecto. Los valores promedios son 4930 Å para los protanopos, 4970 Å para los deuteranopos y 5680 Å para los tritanopos. El último está en la misma región del espectro que el punto neutro para la fóvea central normal, y, en efecto, la fóvea central es tritanópica.

Para las personas daltonianas (dicrómatas) existe una región del espectro que proporciona la misma sensación que la de todo el espectro combinado para formar blanco, o que cualquiera o todas las longitudes de onda en la visión escotópica.

10. Cuando la visión de dos de estos grupos de dicrómatos, o sea los protanopos y los deuteranopos, se ciñe a la fóvea central, como sucede cuando la Fig. 6 se mira desde unos 3 o 4 metros con una visión fija y directa, se observa otro efecto. Ambos círculos parecen, para tales personas, de un gris uniforme o de grises con diferentes grados de brillantez para los diferentes cuadrantes, según sea el tipo de defecto de visión. Tales sujetos pueden en efecto igualar cualquier longitud de onda al blanco cuando su visión está estrictamente limitada a la fóvea central y evitan los movimientos del ojo. La sensación que experimentan bajo tales condiciones parece ser idéntica a la del blanco de su visión escotópica, que es probablemente la misma que la observada por una persona normal. Los tritanopos no muestran tal monocromatismo.

Los protanopos y los deuteranopos en ausencia de campos de comparación ven todas las partes del espectro como faltas de color en la fóvea central y pueden igualar todas las longitudes de onda al blanco.

11. Cuando la visión de una persona normal se ciñe a la fóvea central y el ojo ha sido previamente «adaptado» a una brillante luz roja, una gran parte del espectro, desde unos 5200 Å (verde) hasta el extremo rojo, pasa a ser de matiz muy uniforme y extremadamente desaturado, cuando no realmente blanco. Efectos parecidos, o sea la extrema desaturación del espectro desde el extremo azul hasta unos 6400 Å, suceden a una adaptación a un azul brillante o a un azul-verde. Para todo el ojo, se obtienen resultados parecidos si el ojo se adapta primeramente al violeta y luego o bien al rojo o bien al azul-verde. Bajo tales condiciones, grandes porciones del espectro pasan a ser muy desaturadas y resulta difícil indicar cual es el matiz percibido. Aunque superficialmente parecidas, tales condiciones no son idénticas a las descritas en el párrafo 4.

12. Existen ciertos sujetos daltonianos muy raros, los monocrómatos, que no pueden ver color alguno del espectro; su sensación de la luz es comparable, en todas circunstancias, con su sensación escotópica y puede suponérsela igual a la sensación de ausencia de color, o blanco, de una persona normal. Partiendo de su sensibilidad relativa para las diferentes partes del espectro, parece haber dos o quizás tres clases de tales sujetos, comportándose todos ellos de forma parecida.

Este breve sumario muestra claramente como el blanco es una sensación generalizada que puede ocurrir bajo condiciones distintas. Incluso en las personas normales es posible aparejar, de manera binocular, un blanco fotópico normal en un ojo con un blanco escotópico en el otro, o con el blanco percibido cuando un punto amarillo se forma solamente sobre la fóvea central, o también con un punto anaranjado cuyo color ha sido modificado por una adaptación previa al violeta y rojo. Es, por lo tanto, pertinente preguntarse cuál es la función de las diferentes células fotorreceptoras bajo tal variedad de condiciones. Es bien claro que no siempre pueden actuar de la misma manera, siendo ésto un principio que si se aplica de forma extensiva habrá de alterar la idea comunmente aceptada de que si dos campos visuales pueden igualarse entonces los correspondientes receptores en la retina deben ser igualmente estimulados por ambos campos. En el caso del blanco esto no es necesariamente cierto. Si examinamos la Fig. 3 por fijación directa del punto verde central desde una distancia de 3 a 4 metros se observará que el anillo blanco rodea dos puntos blancos. Estos puntos caen en el centro dicromático foveal mientras que el anillo cae sobre la periferia tricromática. Además, si se reduce la iluminación, llega un momento en que, cualquiera que sea la forma de observación, todos los puntos parecen blancos o grises y solamente se emplea la visión monocromática («crepuscular»). La sensación de blanco puede pues resultar de un estímulo apropiado de los mecanismos monocromático, dicromático o tricromático, y en la percepción del blanco el ojo no aprecia los cambios de un sistema a otro.

Tempestades en la ionosfera

SIR EDWARD APPLETON

Durante el último cuarto de siglo la ionosfera terrestre ha sido objeto de investigaciones regulares por medio de los sondeos de radio. De ese modo se han revelado, además de las características normales de su comportamiento, ciertas perturbaciones que se extienden por todo el globo y se producen simultáneamente con las tempestades magnéticas. Esas tempestades de la ionosfera son la causa de gran número de interrupciones de las radiocomunicaciones de onda corta a larga distancia.

La ionosfera es una capa de aire ionizado que rodea a la tierra a elevados niveles de la atmósfera. Su exploración y estudio teórico tiene a la vez importancia práctica y científica. Es sabido que las ondas cortas de radio se transmiten a grandes distancias debido al poder reflector de la ionosfera; asimismo, la ionosfera constituye el laboratorio en donde el radiofísico puede estudiar los procesos atómicos de ionización y recombinación electrónica en condiciones de reducida presión no obtenibles al nivel del suelo. El hecho de que la tierra posee una ionosfera fué confirmado en 1924 mediante experimentos de radio-reflexión. Desde tal fecha la exploración ionosférica, mediante sondeos de radio, ha sido desarrollada en precisión y extendida sobre todo el mundo; durante los años recientes tales observaciones han sido suplementadas por sondeos con cohetes.

La ionosfera está estratificada en varias capas y la tarea de los investigadores ha consistido en estudiar las variaciones iónicas regulares en estas capas durante el transcurso del día, durante las estaciones y durante el ciclo undecienal de las manchas solares. Esto se ha llevado a cabo durante los últimos veinticinco años desarrollándose como resultado de ello la predicción ionosférica. Partiendo del conocimiento de los acontecimientos pasados en la ionosfera, conjuntamente con la extrapolación referente al ciclo de las manchas solares, es posible predecir el tipo de condiciones ionosféricas que probablemente existirán, por ejemplo, dentro de tres meses. Basándose en la teoría de la radio es entonces posible predeterminar las longitudes de onda que serán más intensamente reflejadas por la ionosfera a cualquier hora del día, sobre cualquier distancia del circuito de radiocomunicación y en cualquier parte del mundo. El planeo de todas las longitudes de onda para las transmisiones a grandes distancias en la Gran Bretaña, tanto para los servicios de defensa como civiles, se funda en tales predicciones.

Los sondeos de radio experimentales de la ionosfera se llevan a cabo empleando el método de la reflexión de una pulsación. Este requiere la medición exacta del tiempo necesario para que la pulsación recorra la distancia hasta la ionosfera y regrese. Como la propagación de la pulsación en este sondeo es generalmente vertical, las ondas de radio penetran en la ionosfera hasta que encuentran una capa en que la densidad electrónica es suficiente para reducir el índice de refracción a cero. En este punto las ondas se reflejan. Sin embargo, el hecho de que los electrones, más bien que los iones, sean las cargas efectivas en la ionosfera, introduce un factor de complicación en la pertinente teoría de la dispersión. Debido a la influencia del campo magnético terrestre, la ionosfera es un medio birefringente para las ondas de radio. Una pulsación de radio que penetra en la ionosfera se divide por lo tanto en dos componentes de polarización complementaria y podemos hablar, al igual que en el caso de la óptica de cristales uniaxiales y biaxiales, de ondas ordinarias y extraordinarias. Una pulsación de radio simple se refleja como un doblete debido a que las componentes ordinaria y extraordinaria se propagan con velocidades de grupo distintas y se reflejan a niveles ligeramente diferentes dentro de una capa ionizada. La condición de reflexión para una incidencia vertical de la componente ordinaria se expresa por

$$N = \frac{\pi m}{e^2} f^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

La relación correspondiente para la onda extraordinaria es

$$N = \frac{\pi m}{e^2} (f^2 - f f_H) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

en donde N es el número de electrones de carga e y masa m, por unidad de volumen, f es la frecuencia de la onda de radio mientras que f_H es la giro-frecuencia según la cual los electrones libres

giran alrededor de las líneas de fuerza magnética terrestre. En la Gran Bretaña, por ejemplo, f_H vale $1{,}3 \cdot 10^6$ c/s; las ecuaciones (1) y (2) indican por lo tanto que las pulsaciones de radio de 4 Mc/s, por ejemplo, requerirían una densidad electrónica de $2 \cdot 10^5$ por cm³ para una reflexión de la onda ordinaria y $1{,}3 \cdot 10^5$ por cm³ para la onda extraordinaria.

En los sondeos de radio habituales se concentra la atención sobre la onda ordinaria, puesto que ésta es la componente más intensa del doblete magnético-iónico. Por lo tanto, la ecuación (1) es aplicable, y observamos que la densidad electrónica ionosférica para una reflexión a incidencia vertical, es proporcional al cuadrado de la frecuencia. Empleando sucesivamente toda la gama de radio-frecuencias que la ionosfera puede reflejar en cada momento determinado es posible hallar la relación entre la altura equivalente de reflexión h' y la frecuencia f. Esta relación (h', f) constituye la expresión fundamental de los sondeos ionosféricos, puesto que de la misma podemos deducir la frecuencia de penetración crítica de una determinada capa ionizada. Para tal frecuencia crítica, evidentemente, se trata de las condiciones de ionización máxima y la ecuación (1) entonces se convierte en

$$N_m = \frac{\pi m}{e^2} f_c^2 \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

en donde N_m representa la densidad electrónica máxima en una capa y f_c la frecuencia límite de penetración.

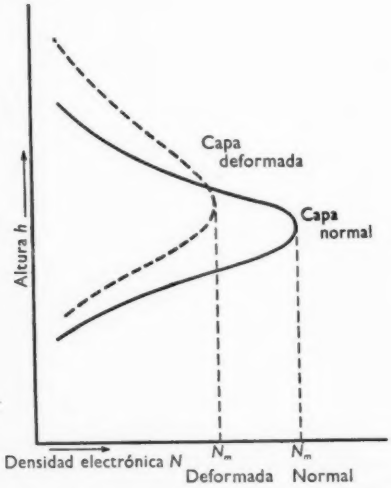


FIGURA 1 – *La máxima densidad de ionización de una capa ionizada* N_m *puede reducirse como resultado de la expansión diferencial vertical.*

Las dos capas principales de la ionosfera son la capa E y la capa F; sus límites inferiores están situados a una altura de 100 y 230 km respectivamente. Además, debajo de la capa E existe la capa D, la cual, en tanto que refleja ondas muy largas, actúa principalmente como un estrato de absorción para las ondas más cortas que deben naturalmente atravesarla en su trayectoria hacia las capas E y F, en donde pueden ser reflejadas. Unos estudios más meticulosos han demostrado que la capa F consiste de dos estratos superpuestos, las capas F1 y F2, que poseen características completamente distintas y fácilmente reconocibles. En general, las variaciones de las capas E y F1 son concordantes con lo que cabe esperar suponiendo que, como es el caso, ambas capas se forman como resultado de la ionización por fotones solares. La máxima densidad de ionización en ambas capas empieza a aumentar cada mañana con la salida del sol, alcanzando su máximo poco después del mediodía y decreciendo a la puesta del sol. Las densidades máximas de ionización son también mayores en verano que en invierno. Estas variaciones regulares no son, sin embargo, aplicables al caso de la capa F2 la cual es, como ya hemos indicado, la capa más alta de la ionosfera. Es verdad que esta capa F2 muestra unas características que parecen indicar un control solar general en cuanto que su densidad de ionización máxima es mayor durante el día que durante la noche. Pero al examinar su morfología mundial o su relación con las diferentes estaciones, se ponen de manifiesto muchas características anómalas. La primera anomalía observada consiste en que la densidad máxima de ionización al mediodía es menor en verano que en invierno. Esta anomalía puede explicarse imaginando que tal capa está extendida en espesor, existiendo la esperada ionización pero estirada sobre mayor altura vertical, según aparece ilustrado en la Fig. 1. El proceso físico es importante, puesto que resulta ser la causa de muchas anomalías de la capa F2.

Hasta ahora nos hemos referido al comportamiento normal de la ionosfera tal como se manifiesta en las latitudes templadas en donde se iniciaron los radio-sondeos ionosféricos. Sin embargo, como era bien sabido que las auroras y otros fenómenos de la atmósfera superior tenían lugar especialmente a latitudes altas, se decidió llevar a cabo observaciones ionosféricas en lugares cerca de la faja de las auroras boreales. Se presentó una ocasión conveniente con el Segundo Año Polar Internacional de 1932–3, en el que

una expedición británica se instaló en Tromsö, al norte de Noruega, bajo los auspicios de la *Royal Society* y del Departamento de Investigación Científica e Industrial. El equipo británico trabajó en Tromsö durante más de un año y pudo establecer las bases de nuestros conocimientos sobre las condiciones ionosféricas a altas latitudes. Inmediatamente se halló que los disturbios ionosféricos acompañan a las manifestaciones de auroras y tempestades magnéticas. En tales circunstancias se observó que la absorción por la capa D era intensa, causando a veces una ausencia completa de reflexión de las ondas hertzianas. Al disminuir la absorción se halló generalmente que la capa F2 había sido igualmente afectada, habiéndose reducido el valor N_m de la densidad electrónica máxima. Como al mismo tiempo la altura de la capa había aumentado, era evidente que se había producido un proceso de distensión hacia arriba tal como el ilustrado en la Fig. 1.

Los resultados obtenidos en Tromsö estimularon la investigación sobre tempestades ionosféricas, asociadas con las tempestades magnéticas, a latitudes más bajas. En latitudes de la zona templada y ecuatorial sólo ocurrieron variaciones pequeñas en las capas D, E y F1, pero en la capa F2 se observaron cambios notables. Considerando primeramente las condiciones durante el mediodía se halló que en las latitudes templadas N_m tendía en general a reducirse, aunque no tan pronunciadamente como en latitudes más altas. Esto es aplicable a la mayoría de los meses, a excepción del centro del invierno. Cerca del ecuador, no obstante, se notó que los valores de N_m aumentaban cuando existían condiciones tempestuosas, indicando que posiblemente la capa F2 había sufrido una contracción.

Durante muchos años pareció extraño que las condiciones tempestuosas ionosféricas durante el mediodía fueran tan distintas en las regiones ecuatoriales de las correspondientes a latitudes más altas. Sin embargo, en 1946 se identificó otra anomalía en la capa F2, mostrándose que los valores equinocciales de N_m al mediodía estaban relacionados más estrechamente con la latitud magnética que con la latitud geográfica. Esto condujo a establecer una doctrina más coherente sobre la morfología mundial de la capa F2 tanto para condiciones de calma como de perturbación. Particularmente se descubrió que en condiciones normales, existe durante el mediodía una franja de reducidos valores de N_m situada en el ecuador magnético. Esto se indica en la Fig. 2 en donde se muestran las relaciones entre N_m y la latitud geográfica para las capas E, F1 y F2 correspondientes a una línea de longitud (75° W) al Este de Norte América. Puede observarse que, tanto para la capa E como para la F1, N_m está simétricamente relacionado con el ecuador geográfico; mientras que en el caso de la capa F2 la curva es simétrica con relación al ecuador magnético, el cual, para aquella longitud particular, está situado a unos 11° al Sur del ecuador geográfico.

Guiándose por el control geomagnético indicado en la Fig. 2 es posible ilustrar los efectos del mismo disturbio ionosférico en diferentes lugares. Empleando los resultados obtenidos en varias estaciones de observación, la relación entre los valores de N_m según condiciones de perturbación y de calma, esto es: $D(N_m)/Q(N_m)$, se traza como función de la latitud geomagnética (Fig. 3). Puede verse inmediatamente que, en latitudes más altas en ambos hemisferios, $D(N_m)$ es menor que $Q(N_m)$, pero que, sobre una faja situada en el ecuador magnético, el valor de N_m para tempestades es mayor que el valor para la calma. Hay otros dos aspectos de la Fig. 3 que deben ser notados. Primeramente, la faja sobre la cual N_m aumenta bajo condiciones tormentosas es algo más ancha que la faja de la anomalía ecuatorial de la capa F2, ilustrada en la Fig. 2; en

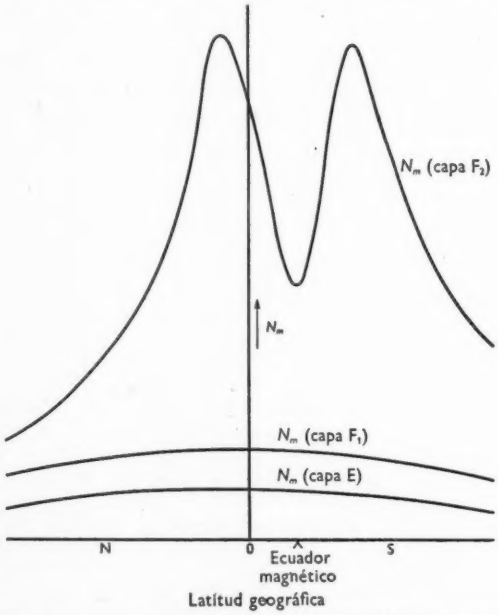


FIGURA 2 – *La máxima densidad electrónica* N_m *varía durante el mediodía a lo largo de una línea a 75° W de longitud en las capas E, F1 y F2. Mientras que las capas E y F1 están desarrolladas simétricamente respecto al ecuador geográfico, la capa F2 está sujeta a un control geomagnético.*

segundo lugar, la faja de los valores aumentados de N_m parece extenderse hasta latitudes más altas en el hemisferio meridional que en el septentrional.

Hasta ahora nos hemos referido solamente a valores locales durante el mediodía, pero la Fig. 3 es el resultado de las observaciones en diferentes estaciones en distintas longitudes, cuyos momentos de observación pueden diferir en varias horas. Los consistentes resultados indicados en la Fig. 3 pueden explicarse por el hecho de que una tormenta ionosférica es, en gran manera, un efecto de tiempo local y los resultados para diferentes puntos durante la misma tormenta pueden ajustarse solamente teniendo en cuenta dicho factor. Para estaciones de latitud media la fase negativa de la depresión de N_m debajo del valor normal se desplaza alrededor de la Tierra con el Sol. Puede así suceder a veces que la primera fase negativa de una tormenta ionosférica puede registrarse en longitudes diferentes en fechas distintas. Naturalmente, la descripción completa de una tempestad ionosférica consiste en registrar los cambios diurnos de N_m en todos los lugares.

Consideremos ahora las consecuencias prácticas de tales variaciones tormentosas en la capa F2, puesto que esta capa es la componente de mayor importancia de la ionosfera desde el punto de vista de las radiocomunicaciones. En las transmisiones de onda corta la elección de una frecuencia óptima es un compromiso entre dos consideraciones contradictorias. A fin de reducir la absorción en la capa D es deseable adoptar una frecuencia lo más alta posible, pero que no sea lo suficientemente alta para que la onda pueda atravesar la capa F2. Cuanto mayor sea el valor de N_m en aquella capa y cuanto más bajo sea el nivel del máximo de la capa, tanto mayor es el alcance de las frecuencias reflejadas. Puede, por lo tanto, verse que para latitudes altas y medianas donde la capa es extendida en espesor en condiciones tempestuosas, tal como se indica en la Fig. 1, la frecuencia máxima reflejada será mucho menor que la normal. Por otra parte las condiciones tempestuosas en la faja ecuatorial son más favorables que las normales para la reflexión de ondas cortas de radio, ya que el aumento de N_m es producido por una contracción vertical de la capa, que trae como resultado una ligera reducción en la altura del máximo de la capa. Por lo tanto, ambos factores favorecen el empleo de frecuencias de radio elevadas para las comunicaciones en regiones ecuatoriales en condiciones tormentosas.

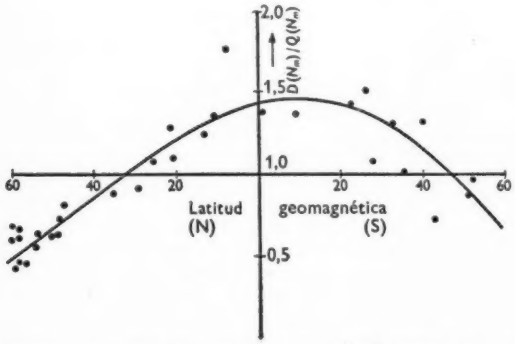


FIGURA 3 – *Relación entre el valor* $D(N_m)/Q(N_m)$ *y la latitud geomagnética. Puede observarse que* N_m *es mayor en los días con perturbaciones magnéticas que en los días magnéticamente tranquilos en latitudes bajas. Lo contrario ocurre en latitudes elevadas.*

Estos resultados puramente científicos pueden fácilmente confirmarse por la operación de los circuitos de radiocomunicación sobre grandes distancias. Durante las tormentas ionosféricas la ruta de las ondas de radio entre Inglaterra y el Canadá está situada a lo largo de un gran círculo que no está lejos de la zona auroral. En latitudes tan altas la gran reducción del valor de N_m va frecuentemente acompañada por un incremento de la absorción; cuando ambos efectos son excesivos las comunicaciones pueden interrumpirse completamente.

Al aspecto general de las perturbaciones aurorales y de las tempestades magnéticas, asociadas generalmente con la aparición de las manchas solares, debemos ahora añadir el fenómeno de la tempestad ionosférica. Las auroras de las altas latitudes pueden explicarse como debidas a la irrupción de partículas solares electrificadas en la atmósfera terrestre a lo largo de fajas aurorales centradas alrededor de los dos polos geomagnéticos. Sin embargo, los efectos de las tempestades magnéticas ocurren en todo el mundo; como acabamos de ver, las perturbaciones de la ionosfera, asociadas con las tempestades magnéticas, pueden detectarse incluso en las regiones ecuatoriales, aunque las características que aquí muestran son distintas de las halladas en las latitudes más altas. Nuestra primera conclusión importante debe ser que las tempestades magnéticas e ionosféricas no pueden ser el efecto directo de las partículas solares que llegan y de las descargas aurorales que las acompañan, ya que aquéllas son generales en todo el mundo, mientras que las últimas están localizadas en latitudes elevadas. Debemos mencionar aquí que todavía existen dudas sobre si las

tempestades ionosféricas se desarrollan igualmente en los hemisferios norte y sur, incluso en los equinoccios. Pero parece haberse probado que la ionosfera puede sufrir perturbaciones tempestuosas en lugares en donde las debidas a las auroras están ausentes.

Hasta aquí nos hemos ocupado de la morfología de las tempestades ionosféricas. Nos referiremos ahora a ciertos aspectos teóricos en donde hay dudas mucho mayores. El proceso físico fundamental de los fenómenos de las tempestades ionosféricas ha sido indicado por D. F. Martyn [6, 7]. Para comprender esto nos referiremos de nuevo a la Fig. 1 en donde se indican: (*a*) el perfil de una capa ionizada normal y (*b*) el perfil de una capa deformada por una expansión vertical. Martyn ha sugerido que tal deformación de la capa, que puede consistir en una expansión o una contracción en sentido vertical, se debe a la ionización (los electrones y los iones positivos) moviéndose hacia arriba o hacia abajo gracias a fuerzas electrodinámicas. Consideremos en este respecto, como el ejemplo más simple posible, el caso en el ecuador, en donde el campo magnético de la Tierra H es horizontal. Supongamos además que también actúa un campo eléctrico horizontal, dirigido, por ejemplo, de Oeste a Este. Físicamente podemos decir que el campo eléctrico horizontal ocasionará una corriente horizontal en la ionosfera y que tal corriente elemental estará a su vez influída por el campo magnético terrestre, haciendo que se mueva hacia arriba. Si tanto el campo eléctrico como el magnético se invierten de dirección, el movimiento sería entonces hacia abajo. Vemos pues que, en tanto que la capa F2 esté sometida a fuerzas eléctricas en presencia del campo magnético terrestre, el fenómeno de desplazamiento tiene lugar porque la misma capa ionizada constituye un conductor eléctrico que puede moverse. En general, si un campo eléctrico E, actuando de Oeste a Este, opera en un medio ionizado en donde el campo magnético terrestre es de una intensidad H e inclinación φ, el desplazamiento horizontal hacia el Sur u, y el desplazamiento vertical hacia arriba v, de la capa de ionización F2, se obtienen aproximadamente por

$$u = -\frac{E \operatorname{sen} \varphi}{H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

y

$$v = \frac{E \cos \varphi}{H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5).$$

Estas son, pues, las ecuaciones fundamentales de la teoría de Martyn sobre la distorsión de la capa F2. El las ha aplicado para explicar el comportamiento de esta capa bajo condiciones normales y tormentosas. Pero debemos mencionar otros dos puntos. Para obtener la expansión vertical o la distorsión de una capa ionizada, el desplazamiento vertical v debe variar con la altura. Si v es constante, la capa se movería simplemente como un solo conjunto hacia arriba o hacia abajo. Asimismo una cuestión básica es el origen de las fuerzas electrostáticas horizontales, cuya existencia sólo ha sido postulada. Para darles explicación, Martyn indica que la ionosfera inferior, probablemente el nivel inferior de la capa E, es la sede de considerables corrientes que causan las variaciones magnéticas, tanto de los días de calma como los perturbados, aunque su configuración mundial sea diferente en ambos casos. Martyn considera que tanto el sistema normal como el sistema tempestuoso de corriente en la ionosfera inferior son la causa de fuerzas electrostáticas, las cuales, junto con el campo geomagnético permanente, causan los movimientos de ionización tanto verticales como horizontales, y que se debe a la diferente configuración mundial de tales líneas de fuerza electrostática el que los efectos en la capa F2 bajo condiciones normales y tempestuosas sean distintos.

REFERENCIAS

[1] Appleton, E. V. e Ingram, L. J.: «Magnetic Storms and Upper-Atmospheric Ionisation», *Nature, Lond.*, **136**, 548, 1935.

[2] Appleton, E. V., Naismith, R., e Ingram, L. J.: «British Radio Observations during the Second International Polar Year 1932–3», *Phil. Trans.*, **236**, 191, 1937.

[3] Berkner, L. V. y Seaton, S. L.: «Systematic Ionospheric Changes associated with Geomagnetic Activity», *Terr. Magn. atmos. elect.*, **45**, 419, 1940.

[4] Appleton, E. V. y Piggott, W. R.: «World Morphology of Ionospheric Storms», *Nature, Lond.*, **165**, 130, 1950.

[5] *Idem:* «The Morphology of Storms in the F2 Layer of the Ionosphere», *J. atmos. terr. Phys.*, **2**, 236, 1952.

[6] Martyn, D. F.: «Geomorphology of F2 Region Ionospheric Storms», *Nature, Lond.*, **171**, 14, 1953.

[7] *Idem:* «The Morphology of Ionospheric Variations associated with Magnetic Disturbance», *Proc. roy. Soc.* A, **218**, 1, 1953.

[8] Appleton, E. V. y Piggott, W. R.: «Ionospheric Storms and the Geomagnetic Anomaly in the F2 Layer», *J. atmos. terr. Phys.*, **3**, 121, 1953.

Los Muspratt y la industria química británica

D. W. F. HARDIE

Con razón se considera a James Muspratt como el fundador de la industria química pesada en la Gran Bretaña. Otros miembros de la misma familia, cuya historia forma el tema de este artículo, han representado asimismo un papel muy importante en dicha industria durante más de un siglo. Entre ellos destaca James Sheridan Muspratt, afamado analista y profesor de química. Su gran diccionario de técnica química fué durante muchos años la obra clásica de referencia y continúa siendo en la actualidad valiosa fuente de información sobre la química práctica del siglo 19.

Según una tradición familiar, los Muspratt eran originalmente oriundos de Francia. Los archivos oficiales de Somerset House, en Londres, muestran que en la primera mitad del siglo pasado ése era un apellido no poco común en los condados meridionales y en la capital. Aunque nos faltan detalles, parece probable que los Muspratt que aparecieron en las guías de Dublín a fines del siglo 18 perteneciesen a un solo grupo familiar que había emigrado recientemente de Inglaterra. En la capital irlandesa, donde la industria de la fabricación de cerveza había alcanzado ya considerables proporciones, los Muspratt se dedicaron a la manufactura de tapones de corcho. Un miembro de la rama de Dublín, John Petty Muspratt, logró una posición de influencia como Director de la East India Co., primero en 1825, y de nuevo en 1830 [1]. Evan Muspratt, hermano de éste, tuvo tres hijos: una hija que, al final de su vida, residía en América, George, del que no sabemos nada, y James, nacido en 1793 [2].

Es probable que Evan Muspratt ganase con su fábrica de tapones lo suficiente para dar a su hijo James la mejor educación posible en el Dublín de comienzos del siglo 19. Los detalles sobre la vida de James sólo comienzan a sernos conocidos después de la muerte de su padre en 1810. Una vez viuda, la madre de James se casó con John Corley en Dublín, en 1811, falleciendo a los pocos meses [3]. El segundo casamiento de su madre y la muerte de sus padres debieron producir una profunda impresión en el muchacho de 18 años, y el afán de huír de su tristeza explica, tal vez, su decisión de buscar aventuras en la guerra napoleónica española [4]. Regresado a Dublín, como desertor de la Flota, James se unió por algún tiempo a un animado grupo interesado en el teatro irlandés, desarrollando así una afición a la que se entregó de lleno en los últimos años de su prosperidad.

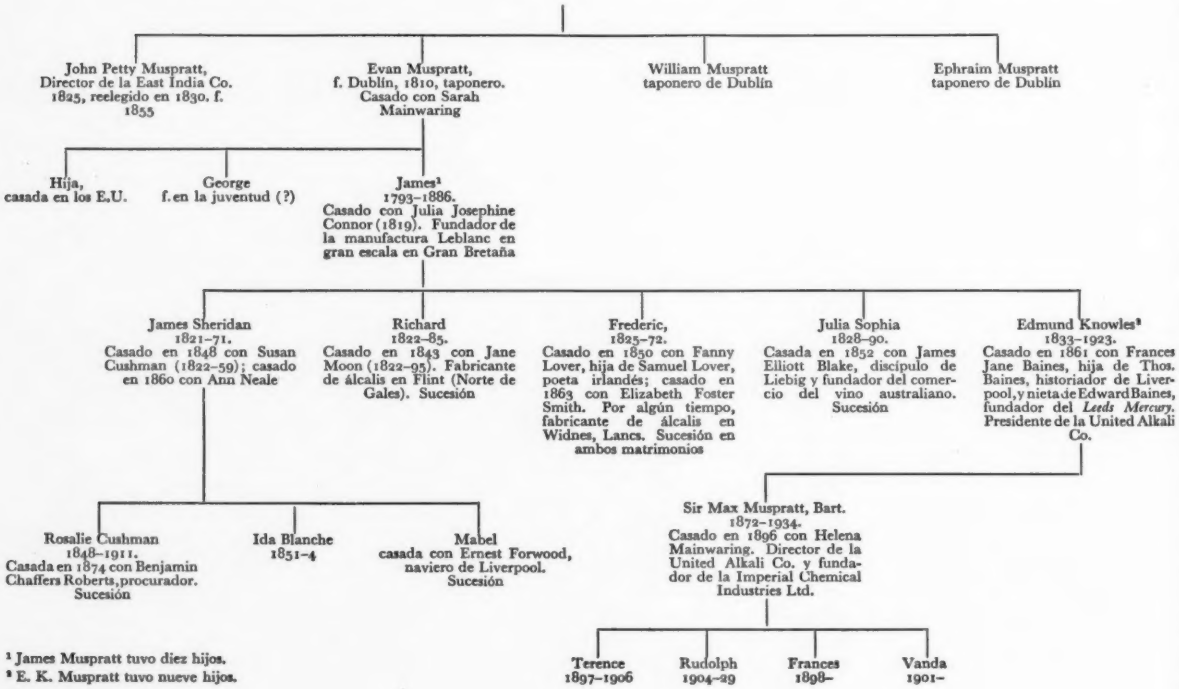
En las primeras décadas del siglo pasado, Dublín era, dentro del cuadro general de la industria química de aquel período, un importante centro de manufactura, particularmente de ácido sulfúrico. En 1819, James Muspratt se casó con Julia Connor, y el propósito de fundar una familia le impulsó sin duda a abandonar por el momento sus aficiones a la sociedad para dedicarse por entero a la fabricación de productos químicos, lo que llevó a cabo en asociación con Thomas Abbot.

En 1822, una Ley del Parlamento, que redujo a la mitad el impuesto de importación sobre la barilla amenazó con suprimir la ventaja que, frente a sus competidores de Londres, venían disfrutando los fabricantes de jabón de la región del Mersey, quienes utilizaban las algas marinas indígenas. Esa Ley tuvo gran importancia, reforzada por la circunstancia de que varios años antes, Tennant en Glasgow, y Losh y Lord Dundonald en Newcastle, habían introducido en pequeña escala la manufactura de soda por el proceso de Leblanc. Hay bastantes pruebas de que Muspratt experimentó en Dublín este procedimiento; y le encontramos en 1823 en Liverpool fabricando ceniza negra y empleando todos los recursos de su ingenio irlandés para persuadir a los fabricantes de jabón del distrito de que debían usarla en lugar de los tradicionales álcalis naturales. En esta empresa logró al fin un éxito completo, y la escala que alcanzaron rápidamente sus operaciones justifica el que se le haya considerado como el verdadero fundador de la industria británica pesada de productos químicos [5].

Pero, a pesar de todas sus distracciones en la industria y el comercio, la principal afición de James Muspratt seguía siendo la de los viajes y las

actividades sociales. Siempre que las circunstancias se lo permitían, dejaba sus fábricas de Liverpool y Newton para visitar a su amigo Justus von Liebig en Alemania, o buscar la compañía de los artistas y otros fugitivos adoradores del sol de Roma y Florencia. Sus años de vida industrial plenamente activa fueron relativamente pocos, extendiéndose solamente desde los duros y odiados primeros días de Dublín (1819–22) hasta 1850; pero esos fueron los años en que se derivaron los más pingües beneficios del viejo método de hacer soda. Fueron tan grandes sus ganancias que Muspratt pudo destinar millares de libras a indemnizar a los labradores y terratenientes que vieron sus campos y sus bosques damnificados por el ácido muriático. Era ése un período en el que, a pesar de la actividad de numerosos inventores, se introdujeron escasas modificaciones técnicas de importancia en la manufactura de los productos químicos; el estado entonces primitivo de la ingeniería química hacía difícil tal progreso. En 1850, James Muspratt, acosado por las crecientes complicaciones con que se desarrollaba la industria según el sistema antiguo y por las crecidas reclamaciones de indemnización y hasta peticiones del cierre de su fábrica de Newton, se retiró en gran parte de la actividad industrial.

Cuando James Muspratt dejó de fabricar álcalis, sus hijos James Sheridan, Richard y Frederic tenían ya una amplia experiencia ganada en las fábricas de soda. Poco después de 1850, Richard se estableció por su cuenta en Flint (Norte de Gales), en asociación con Huntley, y allí mantuvo durante muchos años una de las mayores fábricas a base del procedimiento de Leblanc en la Gran Bretaña. Frederic, con el apoyo de su padre, se dedicó por algún tiempo, sin gran entusiasmo, a la fabricación de álcalis en Widnes, cediendo finalmente la dirección de la empresa a su hermano menor Edmund que, recién llegado del laboratorio de Liebig, en Giessen, reorganizó vigorosamente la fabricación de álcalis. Cuando en 1890 las empresas de Muspratt en Liverpool, Widnes y Flint, con la mayor parte de las fábricas Leblanc de Gran Bretaña, se fundieron en la *United Alkali Company*, Edmund Knowles Muspratt asumió la función dirigente en la nueva firma, en la que ejerció una influencia dominante hasta el período de la primera guerra mundial, cuando quedó completamente ciego. Por aquel tiempo, su hijo Max, que obtuvo el título de «baronet» en 1922, tomaba ya una parte activa en la *United Alkali Company*, y cuando, en 1926, se formó la *Imperial Chemical Industries Limited*, Sir Max Muspratt fué uno de los principales industriales que participaron en su fundación. De este modo, la conexión de los



[1] James Muspratt tuvo diez hijos.
[2] E. K. Muspratt tuvo nueve hijos.

FIGURA 1 – *James Muspratt.*

FIGURA 2 – *James Sheridan Muspratt.*

Muspratt con la industria química resulta ininterrumpida desde los días de la manufactura de productos químicos en pequeña escala por James Muspratt en Dublín hasta la tercera década del presente siglo.

De los hijos de James Muspratt, James Sheridan, cuya historia vamos a referir a continuación, no fué el más brillante en los campos de la industria y del comercio. Le interesaba menos la industria que la ciencia pura. Su influencia en la industria fué indirecta, aunque no dejó de tener importancia en su tiempo, por lo que merece un puesto destacado en su historia. El nombre Sheridan que él se añadió más tarde es prueba de la admiración que sentía hacia el amigo de su padre, James Sheridan Knowles, actor y autor, primo de Richard Brinsley Sheridan, el famoso dramaturgo. En todo lo que sigue usaremos el nombre de Sheridan para designar a James Muspratt (hijo) y distinguirlo así de su padre.

Sheridan hizo sus primeros estudios en escuelas particulares cerca de su hogar en Bootle, y a la edad de 13 años comenzó a viajar por Francia y Alemania, probablemente al cuidado de uno de sus tutores. Los Tennant de St. Rollox pusieron a James Muspratt (padre) en contacto con Thomas Graham (1805–69), que era entonces profesor de química en el *Andersonian College* de Glasgow. A este maestro fué enviado el joven Sheridan en 1836, por no existir en Liverpool ningún centro de enseñanza química. Sheridan permaneció en Glasgow durante nueve meses, hasta que Graham fué nombrado, en abril de 1837, Catedrático de Química en el *University College* de Londres [7].

Sheridan, en compañía de su hermano Richard, fué a Londres siguiendo a Graham, y allí se interesó en los trabajos de una pequeña fábrica de amoníaco sódico, administrada en Whitechapel por Hemming y Dyar [8]. Contagiado del entusiasmo de su hijo y de Graham por el nuevo proceso, James Muspratt lo empleó durante algún tiempo en sus talleres de Newton [9].

Lyon Playfair, discípulo de Graham, que tomó parte importante durante sus últimos años en la organización de la Gran Exposición de 1851, y que alcanzó cierta celebridad en la enseñanza de la química en el siglo 19, trabajó durante algún tiempo en el laboratorio de la fábrica de Muspratt. En el otoño de 1839, James Muspratt propuso a Playfair anticiparle una parte del capital necesario, a condición de que el último admitiera como socios a los hijos del primero en una empresa de manufactura de productos químicos. En una carta hábilmente cortés [10], Playfair agradeció a Muspratt su generosidad, pero le hizo saber que no se consideraría obligado, si el trato se

concertaba, a admitir como socios a los jóvenes Muspratt, y así quedó el asunto.

James Muspratt debió percibir muy claramente las grandes posibilidades del comercio de exportación de productos químicos desde la región del Mersey a los Estados Unidos, aun antes de la visita que hizo a América en 1838. En el verano de 1840, envió a su hijo Richard a Nueva York, y el mismo año, Muspratt y Tennant embarcaron las primeras cargas de cenizas de sosa para América [11]. De este comienzo surgió, en el curso de algunas décadas, el gran comercio de exportación de productos químicos desde la Gran Bretaña en el siglo 19. Hacia 1850, alrededor del 60% de las cenizas de sosa fabricadas en Inglaterra eran exportadas a través del Atlántico.

En el verano de 1841, después de la vuelta de su hermano a Inglaterra, Sheridan fué enviado por su padre a Filadelfia, donde ingresó en el negocio de uno de los amigos americanos de su padre, James McHenry, cuya firma actuaba como agencia de venta de James Muspratt. En los primeros seis meses, Sheridan vendió solamente cenizas de sosa por valor de 25 dólares y cristales de sosa por valor de 2500 dólares. Pero se mostró optimista, calculando que vendería cenizas por valor de $150 000 en el año siguiente. Soñaba ya con las comisiones que iba a percibir por aquellas ventas: «Yo sé que lo que gasto será ganado, y ésta es la más dulce reflexión que puede hacerse un hombre» [12]. En verdad, Sheridan estaba gastando bastante. Su estancia en los Estados Unidos le costó a su padre varios millares de libras y no aumentó mucho las relaciones comerciales de Muspratt en Filadelfia; en 1842, Sheridan partió para Liverpool.

Al celebrarse una reunión de la *British Association* en Liverpool en 1837, James Muspratt entró en contacto con Justus von Liebig, que era uno de los distinguidos visitantes extranjeros [13]. Este conocimiento se convirtió muy pronto en amistad; hubo muchos viajes entre el hogar de Liebig en Giessen y la gran casa de Seaforth Hall que Muspratt había construído en los arenales del Mersey. En 1843, el padre de Sheridan le encomendó al cuidado de su amigo Liebig. En Giessen, al ingresar con su característico entusiasmo en la vida estudiantil de la universidad, Sheridan se entregó con ardor a sus estudios. Liebig, impresionado por la destreza de su discípulo, le encargó la elucidación de la composición de ciertos sulfuros metálicos. Sheridan Muspratt obtuvo por este trabajo el grado de Doctor en Ciencias, distinción raramente otorgada a un extranjero. Más tarde, Sheridan colaboró por algún tiempo con A. W. Hofmann en el *Royal College of Chemistry* de Londres, donde, además de desempeñar las funciones de profesor auxiliar honorario, llevó a cabo con Hofmann una investigación que condujo al descubrimiento de la toluidina.

En la reunión de la *British Association* de 1837, se pidió a Liebig que hiciera un informe sobre el estado de la química orgánica. Este encargo condujo en 1840 a la publicación de uno de sus trabajos más importantes: *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. De aquel tiempo datan los experimentos de Liebig para determinar la naturaleza y cantidades de las substancias extraídas del suelo por el crecimiento de las plantas; una consecuencia práctica de este trabajo fué el uso de abonos para reemplazar a esas substancias. En 1845, James Muspratt obtuvo en favor de Liebig una patente británica para la manufactura de aditivos del suelo [14]. En los talleres de Muspratt en Newton, Sheridan hizo, con su hermano Richard, ciertas cantidades experimentales de los abonos patentados. La «completa revolución de la agricultura», que Sheridan había vaticinado confiadamente, no se realizó. Los abonos, sometidos a una incipiente fusión en un horno, eran demasiado insolubles para ser efectivos.

La aventura de los abonos estuvo a punto de provocar una seria rotura en las relaciones entre Liebig y sus amigos ingleses. Con cierto exceso de confianza, Sheridan comunicó al Dr. Petzhold, un amigo de sus tiempos de Giessen, la fórmula de las mezclas de abonos hechas en Newton. Por una desdichada casualidad, Liebig tuvo conocimiento de esta indiscreción. Escribió airadamente a James Muspratt: «Hay en esto un abuso de la confianza puesta en él (en Sheridan Muspratt) que no puede tener otro efecto que el de destituirle inmediatamente de su actual posición. Nunca hubiera creído esto de no haberme enviado el Dr. Petzhold (con otros propósitos) la copia escrita por la propia mano del Dr. James. Debido a este inconcebible procedimiento, estamos a merced de cualquiera, porque nuestros métodos y proporciones encontrarán pronto el camino de las publicaciones inglesas, y no podrá por menos de surgir una oposición dañina. El Dr. James, con esta nefanda indiscreción me ha arrebatado toda posibilidad de introducir la fabricación de abonos en Alemania . . . No puedo decirle todo lo disgustado que me siento» [15]. Con todo, la amistad de Liebig sobrevivió a este

disgusto; pronto se olvidó este asunto, junto con el completo fracaso de los abonos.

En el verano de 1848, en un establo anejo a su casa de Canning Street, Sheridan estableció el *College of Practical Chemistry* de Liverpool, siendo su patrono nada menos que el propio Príncipe Consorte. Liebig dió su aprobación pública a esta empresa, testificando la capacidad de Sheridan para el «cargo de Profesor». El objeto de la institución era el de «ofrecer a un precio muy moderado instrucción *práctica* a los estudiantes de química orgánica, inorgánica y de soplete, y crear químicos capaces de investigar e informar acerca de todos los temas relacionados con la agricultura, las artesanías, las manufacturas, etc.» El curso estaba dividido en dos sesiones, cada una de dieciocho semanas. Se invitaba a los estudiantes a aportar sus propios aparatos, pero los reactivos y el gas eran proporcionados por el Profesor; había «facilidades de acceso a una biblioteca alemana e inglesa con los mejores libros de química del día» [16]. Al poco tiempo, había en el Colegio dieciocho estudiantes trabajando regularmente.

Durante su estancia en Giessen, Sheridan había traducido al inglés el libro de Plattner: *Probierkunst mit dem Löthrohre*, obra clásica sobre la química de soplete. Esta traducción despertó un gran interés y dió lugar, probablemente, a que en 1854 George Blair, editor de Glasgow, encargase a Sheridan que preparara un trabajo enciclopédico sobre química aplicada. Esta obra fué publicada en fascículos mensuales. La tarea de preparación editorial recayó principalmente sobre Martin Murphy, inteligente estudiante de Limerick que había sido la mano derecha de Sheridan en el Colegio. Durante dos años, Murphy trabajó dieciséis horas diarias en el diccionario. Antes de que quedara terminado, el 10 de mayo de 1859, la joven esposa de Sheridan falleció, acontecimiento que afectó a éste profundamente; durante varios meses no apareció ningún fascículo del diccionario. Al publicarse éste finalmente en forma de volumen, fué dedicado a J. B. Dumas y al amigo del padre de Sheridan, el químico irlandés Sir Robert Kane (*Endeavour*, **4**, 91, 1945). El libro tuvo un éxito inmediato en Inglaterra y en todo el continente europeo: en América, la Universidad de Harvard honró al autor concediéndole el primer doctorado honorario otorgado por aquella universidad a un súbdito británico. El diccionario de Sheridan fué rápidamente traducido a varios idiomas extranjeros, incluso el ruso. Actualmente su principal valor reside en ofrecer un panorama completo de la tecnología química del siglo pasado.

Sheridan falleció el 3 de enero de 1871, a los 49 años de edad. Fué un químico de talento más bien que de genio; sus investigaciones consistieron principalmente en hábiles observaciones analíticas, pero no logró nunca destacar en un campo propio [17]. Falto de habilidad comercial, en vez de la vida de ocio cultivado que hubiera podido disfrutar, eligió dedicarse enérgicamente a la enseñanza de la ciencia práctica que, unida al talento mercantil, había colmado a su padre de fama y de fortuna.

El autor expresa su gratitud a Mrs. Permewan, de Liverpool, sobrina de J. Sheridan Muspratt, por haberle permitido utilizar los documentos en su posesión referentes a nuestro tema.

BIBLIOGRAFIA

[1] PHILLIPS, C. H.: «The East India Co., 1784–1834», Manchester University Historical Series (1940).

[2] Horace Muspratt (nieto de James Muspratt), en «Centenary of the Alkali Industry, 1823–1923», publicado en 1923 por la United Alkali Co. En «I Remember», libro de memorias de Hildegarde Muspratt (nieta de James Muspratt), la autora dice: «Una hermana de mi abuelo se casó con un americano, y su hija Emma acostumbraba a visitarnos . . .»

[3] Los datos de este matrimonio (5 de octubre de 1811) y del testamento de Sarah Corley (anteriormente Muspratt) se encuentran en la Oficina del Registro Público de Dublín.

[4] Horace Muspratt (en la obra citada, págs. 28–41) hace un relato de este pintoresco episodio de los primeros años de su abuelo.

[5] MUSPRATT, E. K. *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 408. 1886.

[6] «Men of the Time», artículo sobre Sheridan Muspratt, M.D., F.R.S.E.

[7] Carta de Thomas Graham a James Muspratt, Glasgow, 10 de abril de 1837.

[8] Patente británica 7713, 30 de junio de 1838.

[9] MOND, L. *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 527, 1885.

[10] Carta de Lyon Playfair a James Muspratt, Edimburgo, 27 de septiembre de 1839.

[11] Carta de Richard Muspratt a su padre, Nueva York, 25 de septiembre de 1840.

[12] Carta de Sheridan Muspratt a sus padres, Filadelfia, por el *Great Eastern*, 24 de septiembre de 1841.

[13] Suplemento especial de la *British Association* en el *Liverpool Mercury*, 22 de septiembre de 1837.

[14] Patente británica 10.616, 15 de abril de 1845.

[15] Carta de Justus von Liebig a James Muspratt, Giessen, 2 de enero de 1846.

[16] Circulares, etc. referentes a la fundación del «Liverpool College of Practical Chemistry», 1848 (papeles de Muspratt).

[17] *J. chem. Soc.*, 621, 1871. Necrológica. Se da una lista de las principales obras publicadas por el Dr. James Sheridan Muspratt.

La citología vegetal y el microscopio electrónico

A. FREY-WYSSLING

En la actualidad, la citología vegetal cubre un amplio campo de estudio e incluye cuerpos tales como las membranas celulares, el citoplasma, los plastidios, núcleos y cromosomas. Las más finas estructuras no son aún completamente discernibles, pero los objetos comprendidos en la escala de tamaño entre las grandes moléculas y las más pequeñas partículas visibles por procedimientos ópticos, son hoy bastante bien conocidos gracias al microscopio electrónico. Bien puede decirse que dicho instrumento sirve de enlace entre la morfología y la bioquímica y que ha dado a la biología celular nueva unidad.

La célula vegetal está recubierta de una fuerte membrana que, ontogénicamente, se compone de dos capas: la primaria y la secundaria. La pared primaria celular envuelve el protoplasma de la célula joven durante el crecimiento; sin embargo, al final de la diferenciación celular se refuerza esta fina membrana por la deposición de una segunda, más densa, con una estructura laminar.

Examinándola a través del microscopio óptico la pared primaria parece homogénea. Contiene solamente una proporción pequeña de celulosa (5% ap.), con elevadas proporciones de pectinas y hemicelulosas, algunas substancias lipofílicas, como las ceras, y un poco de proteína. La proteína desaparece antes de que la pared primaria termine su crecimiento, lo que hace suponer que esta última contiene al principio protoplasma viviente que en las primeras etapas se separa de la membrana. La pared primaria de la célula se desarrolla aparentemente mediante una forma de intususcepción, puesto que durante la diferenciación celular se agranda considerablemente su superficie.

La pared secundaria se diferencia por completo de la primaria. Contiene una gran proporción de celulosa, por lo común más de un 50%; por ello constituye la primera materia para la fabricación de la pulpa de madera. Presenta una notable anisotropía en el microscopio polarizante. Se desarrolla por aposición, razón por la cual, de ordinario, es laminada, con capas paralelas a la superficie de la célula, y con frecuencia presenta estrías dispuestas helicoidalmente con respecto al eje de la célula. Posee perforaciones características, conocidas con el nombre de fosas; estas fosas, sin embargo, no son poros abiertos entre células adyacentes sino que éstas están separadas por la membrana de la fosa (Fig. 1), que representa la pared homogénea primaria. Se ha discutido desde largo tiempo si la membrana de la fosa es continua o bien contiene perforaciones, harto pequeñas para discernirlas a través del microscopio óptico. Esto es un asunto de grande importancia puesto que su solución determina si los protoplastos de las células colindantes se encuentran separados unos de otros o están en contacto, esto es, si se asemejan a las células animales o si sus relaciones mutuas dependen por completo del intercambio de substancias a través de una membrana inerte.

El microscopio electrónico nos proporciona la visión de la fina estructura de las paredes de la célula, y facilita mucho el examen el hecho de que, mientras la celulosa es muy resistente químicamente, otros constituyentes de las paredes celulares se separan con facilidad por disolución o hidrólisis. En consecuencia, la pared celular puede reducirse por maceración a una película muy delgada, que produce dibujos sorprendentes después de ser sombreada con cromo (Fig. 3).

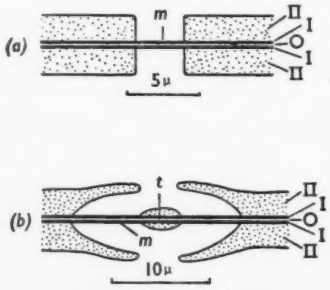


FIGURA 1 – (a) *Fosa sencilla;* (b) *fosa bordeada. Clave:* m, *membrana de la fosa;* t, *toro;* o, *laminilla media;* I, *pared primaria de la célula;* II, *pared secundaria de la célula.*

Semejantes dibujos no sólo demuestran que la celulosa se compone de hebras submicroscópicas, sino que ponen de manifiesto la estructura más sorprendente. Las hebras no están extendidas unas sobre otras sino formando entrelazamientos. Presentan a menudo dos principales líneas de orientación, en cuyo caso toman el aspecto de la urdimbre y trama de un tejido manufacturado (Fig. 2). Un espacio relativamente considerable separa, unas de otras, las hebras y es en estos espacios, en la pared original de la célula, donde encontramos los constituyentes no celulósicos, sumamente hidratados. Estos espacios parecen estar muy reducidos en las micrografías electrónicas, pero dicho efecto es consecuencia del modo de preparar el material y de la naturaleza del instrumento; antes de someterlo a examen se debe secar el material macerado; el microscopio electrónico posee además una notable profundidad de foco.

Las hebras, o microfibrillas [7], pueden subdividirse por medio de irradiación ultrasónica en hebras aun más delgadas, que deben ser fibrillas elementales puesto que corresponden a las hebras micelares cristalinas descubiertas por el análisis de difracción röntgénica.

Las microfibrillas de la pared secundaria, en su mayor parte, son paralelas unas a otras (Fig. 4); a ello se debe que esta pared sea relativamente más tupida y más rica en celulosa. En consecuencia, la pared secundaria puede dividirse fácilmente en fibrillas, que representan haces de microfibrillas y son visibles a través del microscopio óptico. Los llamados «planos de deslizamiento» (Fig. 4)

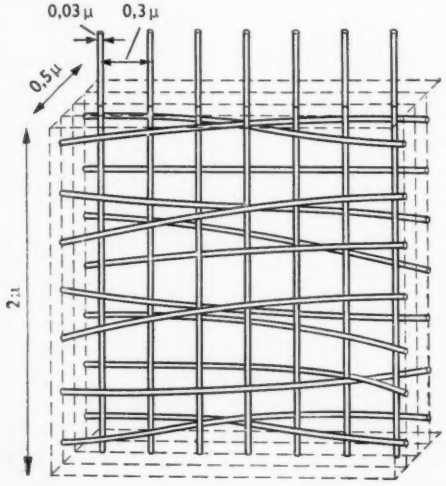


FIGURA 2 – *Textura de microfibrillas de celulosa de la pared primaria de la célula en desarrollo* [3].

característicos de las fibras vegetales son otra consecuencia de esta estructura.

Por medio del microscopio electrónico pueden seguirse las fases de expansión superficial de la pared primaria. Durante la mitosis, la membrana aparece dentro de la lámina de la célula, donde se forma por deposición a entrambos lados de la laminilla amorfa intermedia. Aun en esta primera fase se compone de microfibrillas entrelazadas que buscan contacto con la pared primaria de la célula madre. En la región donde va a unirse la pared longitudinal, el tejido se afloja, y en el borde de la lámina celular recién formada se trenzan las microfibrillas dentro del tejido debilitado de la pared lateral (Fig. 9). Finalmente, esta última se divide a lo largo de una línea entre las membranas primarias adheridas de las dos células hijas.

Por un tiempo, las paredes de las nuevas células se desarrollarán por intususcepción, representando un crecimiento en mosaico, como indica el hecho de que en ciertas áreas los espacios interfibrilares aumentan considerablemente, de suerte que la textura se afloja de un modo notable (Fig. 10). Más tarde se rehacen estas áreas mediante la inserción de microfibrillas nuevas (Fig. 11). En especial, es evidente este tipo de desarrollo cuando las células aumentan su periferia. En la dirección longitudinal va seguido inmediatamente del crecimiento bipolar en los extremos [10]; esto se caracteriza en ambos extremos de la célula por la rápida agregación de nuevas microfibrillas a la ya existente pared primaria de la célula (Fig. 12). A medida que avanza el crecimiento en los extremos, la parte principal de la célula empieza a consolidar su pared, reforzándola con microfibrillas dispuestas paralelamente (Fig. 5); este proceso se inicia en los bordes de la célula y se continúa hasta que la superficie interior queda recubierta con la pared secundaria. Sin embargo, no comparten este desarrollo en espesor las áreas de las fosas; la diferenciación de la pared primaria tiene lugar con la aparición de cribas submicroscópicas de una magnífica textura (Figs. 7 y 8). A través de los poros de estas membranas de las fosas, las hebras submicroscópicas de citoplasma conectan los cloroplastos circundantes. Esta es la razón que gobierna la correspondencia exacta de las fosas de células adyacentes, aun cuando el microscopio óptico haga que aparezcan separadas por una membrana continua.

Es posible investigar la estructura interna de las microfibrillas por métodos de difracción röntgénica, descomponiéndolas previamente en fibrillas elementales, bien por radiación ultrasónica,

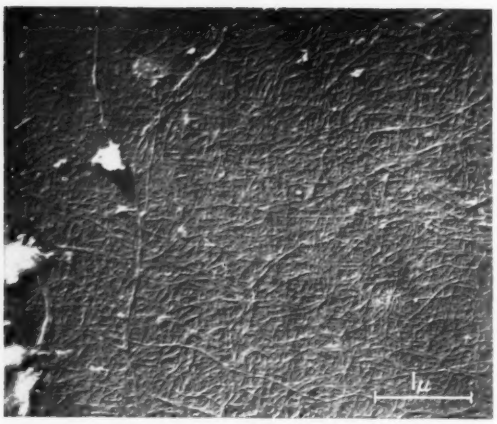


FIGURA 3 – *Pared primaria de la célula de una fibra de lino* [7].

FIGURA 4 – *Pared secundaria de la célula de una fibra de algodón* [7]. *Es visible a la izquierda un «plano de deslizamiento».*

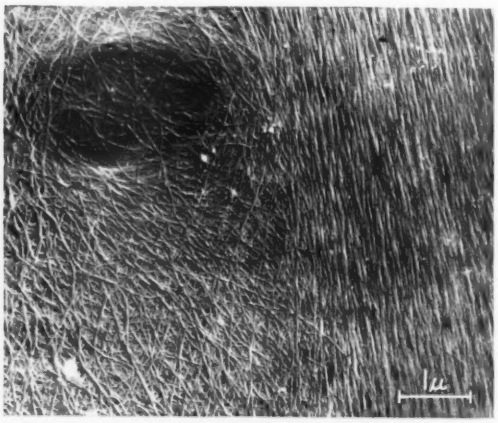


FIGURA 5 – *Primera deposición, en un coleóptilo de avena, de microfibrillas secundarias dispuestas a lo largo del borde de una célula parenquimatosa* [10].

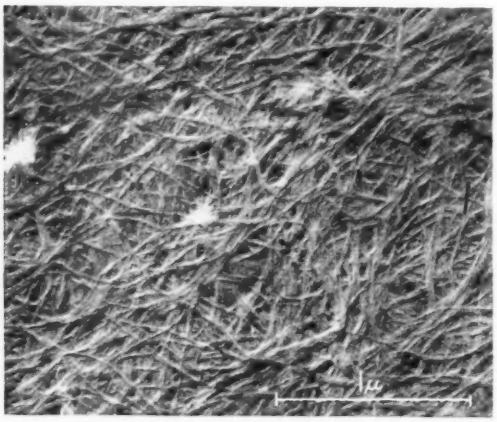


FIGURA 6 – *Hacinamiento lateral de microfibrillas en las paredes mesofílicas celulares de un bulbo de tulipán* [2].

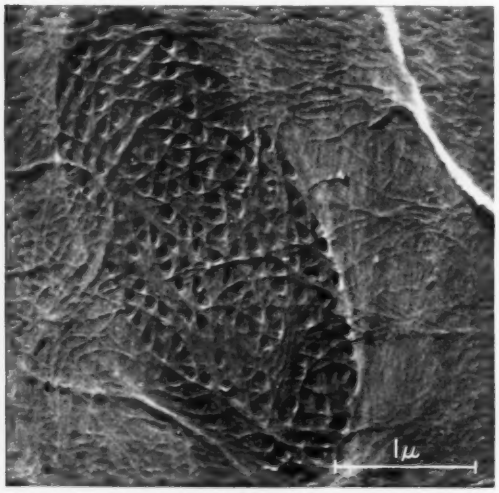


FIGURA 7 – *Membrana de fosa de una fosa sencilla, en la raicilla del maíz.* (Por cortesía del Dr. K. Mühlethaler.)

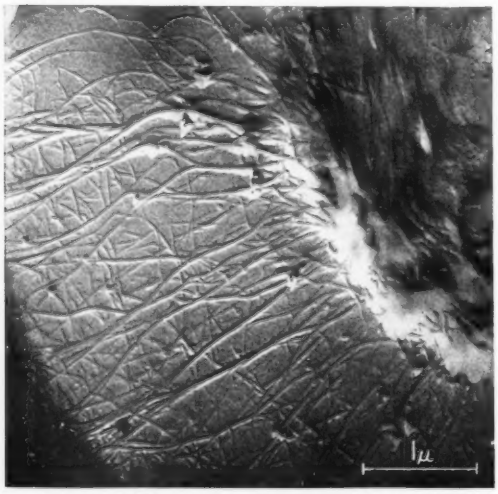


FIGURA 8 – *Membrana de fosa de una fosa bordeada de madera de abeto* [4].

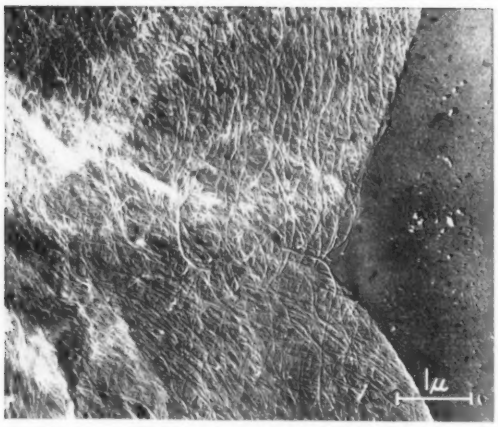


FIGURA 9 – *Fusión de la lámina de la célula con la pared primaria lateral después de la mitosis, en el meristemo de un coleóptilo de avena* [6].

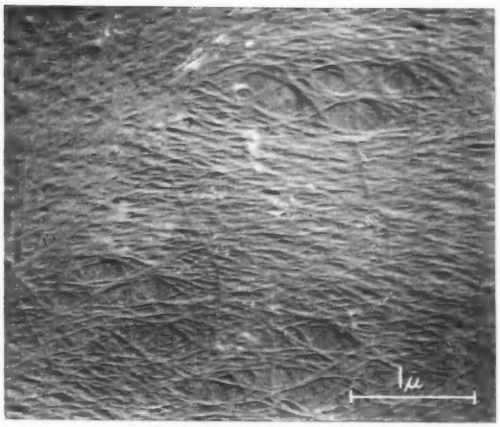


FIGURA 10 – *Crecimiento de mosaico de la pared primaria en una célula en proceso de expansión en la raicilla del maíz* [8].

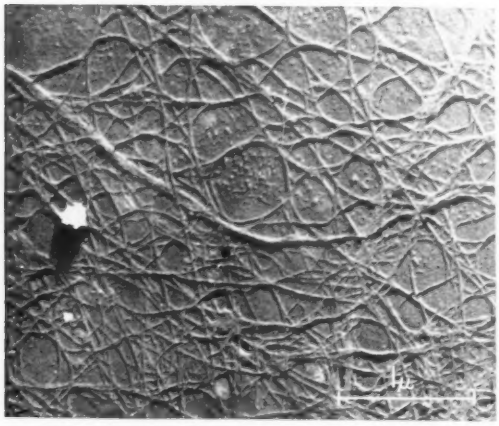


FIGURA 11 – *Intususcepción en la pared primaria de una célula en proceso de expansión en la raicilla de maíz* [7].

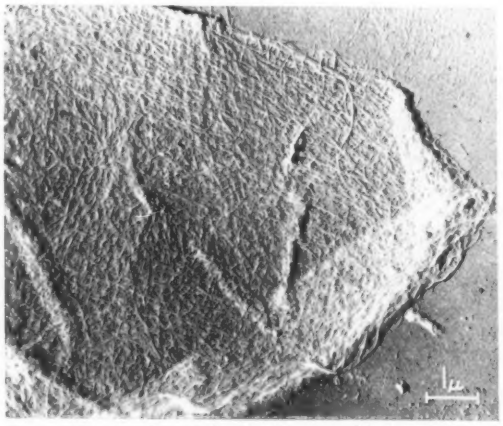


FIGURA 12 – *Desarrollo de la extremidad de la pared primaria; célula en proceso de alargamiento en un coleóptilo de avena* [10].

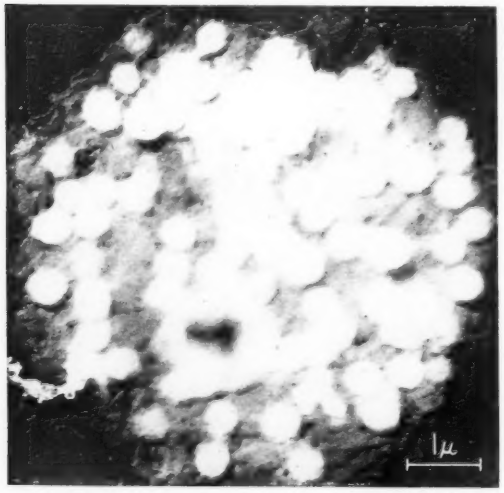


FIGURA 13 – *Un cloroplasto de espinaca* [9].

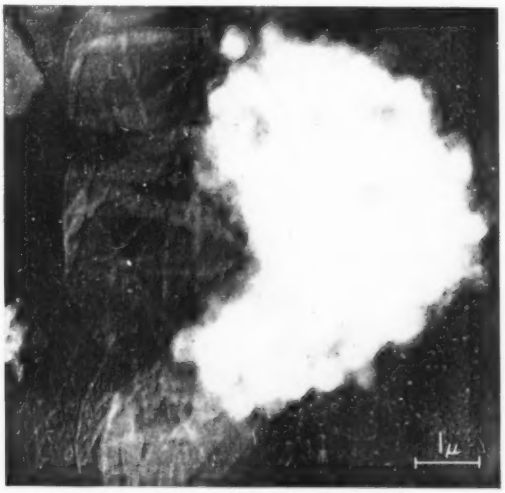


FIGURA 14 – *Entumecimiento unilateral de un cloroplasto de espinaca.*

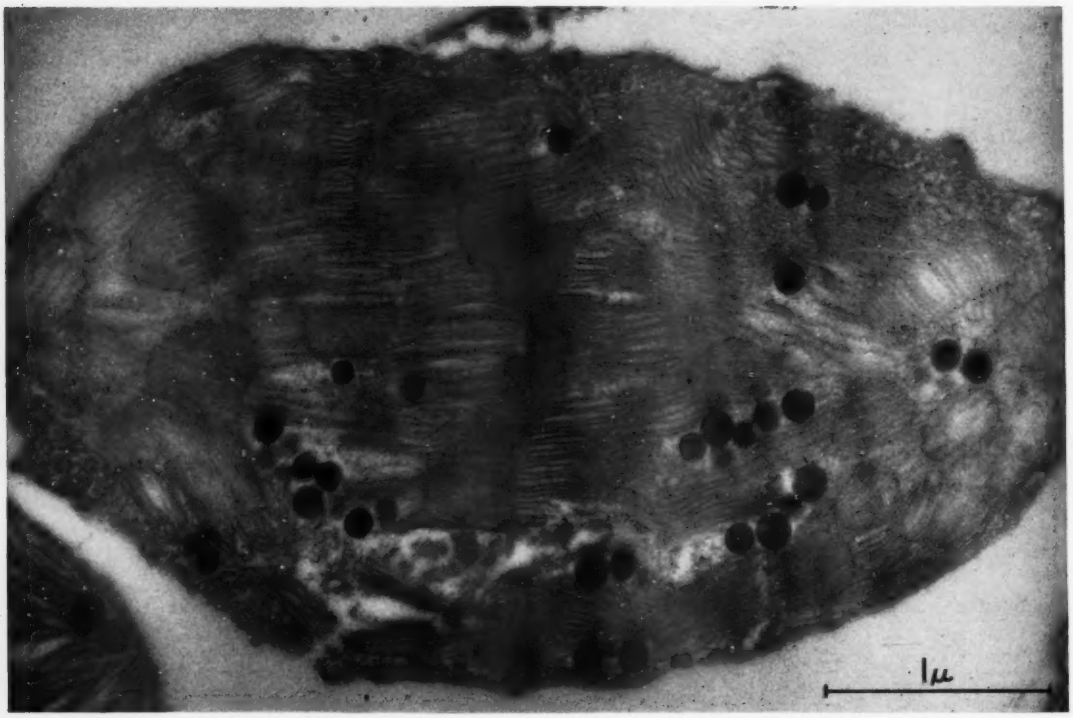


FIGURA 15 – *Sección ultradelgada de un cloroplasto de* Aspidistra. (Por cortesía del Dr. E. Steinmann.)

bien por procedimientos químicos. La sección transversal de las fibrillas elementales corresponde como a un centenar de moléculas celulósicas; las fibrillas poseen un centro cristalino, cubierto de celulosa paracristalina distribuída en un dibujo menos ordenado o metódico (Fig. 16). El plano más hidrofílico (101) del enrejado cristalino corre paralelo con la superficie del protoplasma; no coincide con el plano de la cadena celulósica cintiforme. Al sedimentarse en una suspensión, todas las fibrillas elementales se depositan en su plano (101) y muestran, además, tendencia hacia agregación lateral (Fig. 6). Todas las pruebas parecen por tanto señalar que son aplanadas. La estructura probable de las microfibrillas, como se ven en sección transversal, aparece en la Fig. 16, que aclara cómo la organización de la pared de la célula vegetal puede ahora reconstruirse con alguna seguridad, no sólo en cuanto a las microfibrillas y fibrillas elementales, sino hasta en lo que se refiere al constituyente molecular de más importancia: la cadena celulósica.

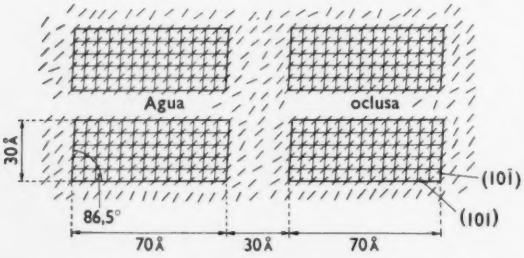


FIGURA 16 – *Sección transversal de una microfibrilla de celulosa natural formada por cuatro fibrillas elementales; un centro de cadenas de celulosa cristalina está embebido en celulosa paracristalina.* (101) *y* (10$\bar{1}$) *son planos de la red cristalina* [3].

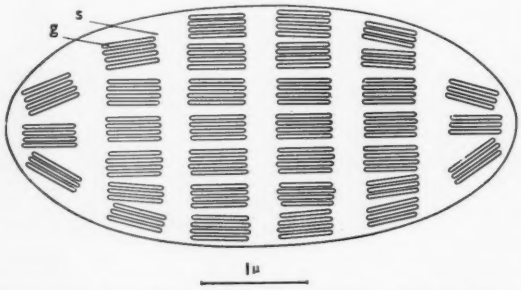


FIGURA 17 – *Disposición de los granos en el cloroplasto. Clave:* g, *granos con laminación submicroscópica;* s, *estroma.*

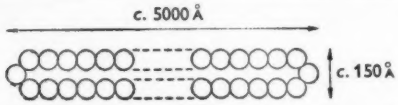


FIGURA 18 – *Estructura macromolecular de una laminilla doble de aspecto folicular en los granos del cloroplasto* [9].

CLOROPLASTOS

En los cloroplastos — asiento de la fotosíntesis — la clorofila no se halla distribuída por igual, sino concentrada en los llamados granos, que se encuentran como encajados en un estroma incoloro (Fig. 13). La clorofila presenta una fluorescencia característica, y al ser examinados a la luz ultravioleta, los granos tienen un color rojo intenso sobre un fondo negro.

Los granos están distribuídos en rimeros (Fig. 17), cada uno de los cuales se compone de una serie de laminillas submicroscópicas [5]. Esta laminación queda magníficamente demostrada en las secciones ultradelgadas obtenidas con el microtomo Sjöstrand (Fig. 15). Esta laminación es tan regular que produce dibujos röntgénicos correspondientes a un período de 250 Å [1]; dan lugar a ella los rimeros de folículos aplanados capaces de abotagamiento [9]. Sus membranas se componen de partículas globulares; la Fig. 18 muestra la fina estructura de los folículos. Los glóbulos representan macromoléculas de la cromolipoproteína, a la que los cloroplastos deben la captura de energía luminosa; son ricos en pigmento, y contienen más de un 30% de su peso en clorofila.

El estroma también es laminado (Fig. 15), pero su laminación es menos regular que la de los granos [1]. En términos generales, las lipoproteínas del estroma son tan inestables que aun con dificultad pueden ser fijadas sin peligro de descomposición; en la Fig. 15 las esferas negras representan probablemente lípidos.

En el cloroplasto no se puede comprobar membrana visible. Está separado, en apariencia, del citoplasma por un lindero de fase, parecido al encontrado en el plasmalema o en la superficie de grandes mitocondrios. Cuando el microscopio electrónico parece señalar una película bien definida como límite del cloroplasto, ésta debe más bien considerarse como efecto de la coagulación de las lipoproteínas causada por mala fijación. La Fig. 14 muestra dicho efecto durante el aislamiento de un cloroplasto de espinaca en solución de sacarosa a una concentración adecuada; aunque se conservó la estructura de la mayoría de los cloroplastos, uno de ellos aparece abotagado unilateralmente. Se han transformado en membranas como de vejigas hinchadas no sólo la proteína del estroma sino también la de los granos; al secarse dichas vesículas, se plegaron formando arrugas, como las típicas de las membranas proteínicas coaguladas cuando se observan a través del microscopio electrónico.

CONCLUSION

Es evidente que las paredes de la célula vegetal y los cloroplastos están dotados de características estructurales propias. En la membrana de la célula aparece el principio fibrilar, que observamos luego en las hebras de la fibra macroscópica, en las células de la fibra microscópica, en las microfibrillas y fibrillas elementales y, finalmente, en las propias moléculas de celulosa.

La disposición linear de filamentos parece ser un principio general en las substancias del esqueleto de muchos tipos de organismos. La encontramos no sólo en la celulosa de las paredes de células vegetales, sino también en las paredes quitinosas de las células de los hongos, en el esqueleto quitinoso de los artrópodos, en el armazón silíceo de las esponjas y aun en el colágeno que forma los tejidos conectivos, huesos y piel de los vertebrados. Este principio general de construcción está sin duda relacionado con la gran resistencia a la tensión de los elementos fibrilares empleados. Es característico, por otro lado, un principio laminar en los cloroplastos. Su asiento está en las láminas o membranas de las hojas; su forma es aplanada, y su estructura submicroscópica se caracteriza por laminillas integradas por películas moleculares de macromoléculas.

REFERENCIAS

[1] FINEAN, J. B., SJÖSTRAND, F. S., y STEINMANN, E. *Exp. Cell. Res.*, **5**, 557, 1953.

[2] FREY-WYSSLING, A. *Holz, Berl.*, **9**, 333, 1951.

[3] *Idem. Science*, **119**, 80, 1954.

[4] FREY-WYSSLING, A. y BOSSHARD, H. H. *Holz, Berl.*, **11**, 417, 1953.

[5] FREY-WYSSLING, A. y MÜHLETHALER, K. *Vjschr. naturf. Ges. Zürich*, **94**, 179, 1949.

[6] *Idem. Mikroskopie*, **6**, 28, 1951.

[7] FREY-WYSSLING, A., MÜHLETHALER, K., y WYCKOFF, R. W. G. *Experientia*, **4**, 475, 1948.

[8] FREY-WYSSLING, A. y STECHER, H. *Ibid.*, **7**, 420, 1951.

[9] FREY-WYSSLING, A. y STEINMANN, E. *Vjschr. naturf. Ges. Zürich*, **98**, 20, 1953.

[10] MÜHLETHALER, K. *Ber. schweiz. bot. Ges.*, **60**, 614, 1950.

Los colores de los animales

H. MUNRO FOX

Los colores de los animales se deben a los pigmentos o a la estructura física del integumento. Los pigmentos, en su mayor parte, son resultado de un proceso de sintetización en el animal mismo, aunque un grupo importante — los carotenoides — se deriva de los alimentos vegetales. Los colores estructurales están causados por fenómenos de dispersión o de interferencia luminosa. En este artículo se estudian los principales tipos de coloración animal.

La coloración de los animales presenta gran interés desde muchos puntos de vista. Así, podemos considerar la función del color en la vida de los animales, sus causas químicas o físicas, o el problema de si las substancias colorantes son sintetizadas por el animal o derivadas del alimento. En este artículo trataremos principalmente de la segunda y tercera de estas cuestiones; sin embargo, podemos comenzar considerando brevemente la función del color. Debemos recordar que en este punto nuestras interpretaciones a menudo tienen que ser especulativas. Además, algunos animales pueden ver el color como nosotros, otros perciben colores que nosotros no vemos, y otros son ciegos para el color.

Los colores y dibujos hacen a los animales más o menos visibles. Un colorido menos llamativo permite disimularse mejor tanto a los animales de rapiña como a sus presas. A menudo, la línea del contorno, que traicionaría al animal, está interrumpida por rayas, como en el tigre, o por manchas, como en el cerval (Fig. 7). En algunos casos, el animal acentúa su invisibilidad cambiando de color: la rana de zarzal puede cambiar su tono verde según las circunstancias (Fig. 13). También se encuentran animales de colores llamativos que les permiten reconocer su propia especie para el apareamiento u otros fines gregarios. La polilla de la Fig. 5 y el barbete tropical de la Fig. 10 son buenos ejemplos. En algunos, por ejemplo el pavo real, sólo el macho es llamativo y se exhibe a la hembra. En la salamandra (Fig. 9), sus colores llamativos pueden ser una advertencia del mal gusto de su carne; en la anémona de mar (Fig. 11), señal de su dolorosa picadura. En otros casos los colores parecen ser puramente accidentales. Nos preguntamos si el color metálico del escarabajo (Fig. 1), el azul y rojo de la langosta de mar (Fig. 6), el verde y naranja de la parte ventral de los cangrejos (Fig. 12), el rosa del flamenco (Fig. 14), y los dibujos y colores de las conchas onduladas (Fig. 15) reportan algún beneficio a sus poseedores. Cuando menos, estamos seguros de que el color nácar del interior de las conchas (Fig. 4) no es de ninguna utilidad, ya que es invisible durante la vida del animal; también la brillante rata de mar (Fig. 3) vive enterrada en el lodo.

Los colores de los animales se deben a los pigmentos o a la estructura. Los pigmentos son substancias que, debido a su composición química, absorben la luz de ciertas longitudes de onda y reflejan la luz de otras, produciendo de esta forma efectos de color. Los colores del petirrojo, del canario amarillo, de la oruga verde y de la langosta azul son pigmentarios. Pero hay colores chillones que no se deben a los pigmentos, sino a la composición física de la estructura de la superficie de los animales [1].

Fué Tyndall quien hace casi un siglo explicó el azul del cielo: es azul porque las pequeñas partículas en las capas superiores de la atmósfera difunden una proporción mayor de ondas cortas que de ondas largas de la luz solar. Las plumas son azules (Fig. 10) debido a una razón similar, igual que los ojos azules y la cara azul del mandril. El color verde de las plumas (Fig. 10) se debe en parte a la misma causa. Una capa exterior transparente de pigmento amarillo no permite la penetración en la pluma del componente azul de la luz blanca, pero sí del verde, amarillo y rojo. Los diminutos espacios de aire que existen en la substancia translúcida de la pluma difunden el verde, pero no el amarillo, de onda larga, ni el rojo, que son absorbidos por un pigmento interno negro. El verde de la rana de zarzal o del lagarto se debe a una causa similar. Las células vivas próximas a la superficie de la piel contienen gotículas amarillas de aceite, debajo de las cuales hay otras células con pequeños gránulos que difunden el color verde pero no el amarillo ni el rojo, que son absorbidos por otras células negras que existen debajo

de las anteriores. La especie de la Fig. 13 recibió el nombre de *coerulea* debido a cierto espécimen que había sido conservado en alcohol y presentaba un tono azulado; dicho color se debía a que el pigmento amarillo es soluble en alcohol, y una vez desaparecido aquél, los rayos de luz azul y verde penetran hasta las células con gránulos, que entonces difunden el azul además del verde. La prueba de que esos azules y verdes son colores estructurales es que si observamos una pluma azul o una verde bajo luz transmitida, su color desaparece, mientras que permanecen los colores de plumas rojas y amarillas.

Observamos otro tipo de coloración estructural en las plumas tornasoladas del gallo, y aún más brillantemente en la polilla de la Fig. 5. Contrariamente a los azules y verdes recién descritos, esos colores cambian de matiz según el ángulo de visión. La causa es idéntica a la que explica los cambios de color en las burbujas de jabón o en las películas de aceite que flotan sobre el agua, esto es, la interferencia de los componentes monocromáticos de la luz blanca reflejados en dos superficies paralelas. En el ala de una mosca, los colores tornasolados se deben a capas transparentes de cutícula con índices distintos de refracción. Los brillantes colores de algunos escarabajos (Fig. 1) y de las plumas del pavo real (Fig. 2) tienen una causa similar, igual que las cerdas quitinosas tornasoladas de la rata de mar (Fig. 3) y el nacarado de las conchas. En la polilla de la Fig. 5 y en muchas mariposas, las superficies que causan la interferencia son capas de las escamas transparentes de las alas y por eso los colores desaparecen instantáneamente cuando se deposita sobre el ala una gota de éter, que llena los espacios de aire entre las escamas; el color se restablece rápidamente al evaporarse el éter.

En los objetos inanimados, los colores no pigmentarios pueden también deberse a la difracción causada por un enrejillado o a la reflexión selectiva en una superficie metálica. Sin embargo, en los animales son raros los colores difractivos, que se encuentran sólo en contados escarabajos, y desconocidos los colores debidos a la reflexión selectiva.

El color blanco se debe a la reflexión de toda la luz visible por un objeto opaco de determinada composición química, por ejemplo el carbonato cálcico de una concha, o a la reflexión por numerosas superficies de una substancia transparente, sea cual fuere su composición química, por ejemplo la espuma y la nieve. Este último fenómeno es la causa de la blancura de las mariposas, que tienen escamas rayadas, algunas con cavidades llenas de aire, y de la blancura de las plumas (Fig. 14) y del pelo, que tienen burbujas internas de aire. El color negro se debe a la total absorción de la luz; en los animales, el agente es un pigmento negro llamado melanina, presente en la salamandra, el cuervo, los gatos negros, la piel humana oscura y la tinta que el calamar expele en defensa propia. La melanina absorbe la luz de onda larga en las plumas azules y verdes y en la piel de la rana. Es una substancia insoluble y se desconoce su exacta composición química, aunque algo se sabe del proceso de su síntesis. El aminoácido tirosina es oxidizado, con ayuda de una enzima que contiene cobre, produciéndose un derivado indólico de color rojo, el cual es luego polimerizado y da la melanina negra. Los mamíferos albinos y los pájaros carecen de dicha enzima, y en los pintados existe sólo en las zonas negras. En algunos casos la luz solar interviene en la formación de melanina, como sucede en la piel tostada por el sol; por eso, muchos animales son más oscuros en la parte dorsal. Si se proyecta luz sobre la región ventral del rodaballo se produce melanina. Sin embargo, la piel del hombre negro no necesita luz para producir melanina, ni los huevos de la rana, ni la tinta del calamar. La melanina no es siempre negra: el color amarillo de las mujeres rubias y de los gatos (Fig. 7) se debe también, según se afirma, a la melanina. Sin embargo, se desconoce la causa del color del cabello rojo tanto en el hombre como en el caballo.

Existe una segunda causa para el color negro de los animales, no explicada hasta muy recientemente [2]. Cierto escarabajo es negro porque un fenol se oxidiza por medio del oxígeno, ayudado por una enzima, para formar una quinona; la quinona obscurece entonces una proteína de la cutícula enlazando cadenas polipéptidas adyacentes, con lo que la proteína se hace insoluble y dura e, incidentalmente, se ennegrece. Este proceso de obscurecimiento es frecuente en las cutículas de los invertebrados.

La melanina es sintetizada por los animales mismos. Pero hay otro pigmento muy común que los animales no pueden sintetizar y que derivan del alimento vegetal. Esta derivación resulta evidente en el color de la yema del huevo o de la manteca, que varía de acuerdo al régimen alimenticio del animal. Los pigmentos de este tipo reciben el nombre de «carotenoides», por hallarse relacionados con la substancia colorante de la zanahoria (*carrot*). Los carotenoides, de los que los mejor conocidos son la carotena y la xantofila son muy comunes en las plantas: colorean numerosas

flores amarillas y algunas frutas, como la naranja y el tomate, hallándose también presentes en las partes verdes, aunque dominados por la clorofila: son bien visibles en el trigo maduro. Los carotenoides pueden ser aislados e identificados por medio de sus diferentes coeficientes de solubilidad y por métodos cromatográficos confirmados luego mediante observaciones espectroscópicas. La molécula se compone de una larga cadena hidrocarbúrica conjugada que tiene un anillo en cada extremo [3]. La mayor parte de los amarillos y rojos de las plumas y de los picos amarillos (Fig. 10) se debe a los carotenoides, lo mismo que la capa amarilla transparente que produce la coloración verde de las plumas y de la piel de la rana. La piel de la carpa dorada y el vientre de la lagartija de agua están pigmentados por carotenoides naranja; el músculo del salmón y las plumas del flamenco (Fig. 14) se hallan coloreados por una variedad rosa. Es muy frecuente que en los animales los carotenoides vayan acompañados de proteínas; esos carotenoide-proteínas son solubles en agua y pueden tener muchos colores. El caparazón azul y las antenas rojas de la langosta de mar (Fig. 6) y las zonas verdes y naranja de los cangrejos (Fig. 12) se deben a tales complejos. El color rojo vivo que aparece al hervir un cangrejo o una langosta está producido por un carotenoide, derivado de la astaxantena, que se ha separado de su proteína al quedar coagulada ésta por el calor. Existe también una carotenoide-proteína incolora: el camarón tiene caparazón y piel incoloros, pero al ser hervido toma un tinte rosado como el de la langosta de mar.

Todos los carotenoides de los animales parecen derivarse en último término del alimento vegetal, y no son por tanto sintetizados por los animales. Sin embargo, la astaxantena se encuentra muy raramente en las plantas y debe formarse en los crustáceos a base de un carotenoide vegetal. Algunos animales obtienen a veces los carotenoides indirectamente de las plantas devorando presas herbívoras. Las manchas rojas de la piel y en algunos casos la carne rosada de la trucha se deben a la astaxantena; si alimentamos truchas cautivas con camarones de agua dulce se mantienen los colores, los cuales se pierden, sin embargo, con un régimen de carne [4]: los camarones habían sintetizado la astaxantena partiendo de un carotenoide vegetal. Las plumas de los flamencos cautivos no conservan su color original al cambiar éstos su plumaje a menos que se les haya dado un régimen alimenticio en el que entren los camarones, los cuales derivaban su carotenoide de las algas. El color rojo de la anémona de mar de la Fig. 11 se debe a una carotenoide-proteína; si amputamos los tentáculos de la anémona y se alimenta a ésta con camarones, los nuevos tentáculos serán también rojos, pero si el alimento se compone de pescado incoloro los tentáculos serán también incoloros [5].

Hace sesenta y cinco años, Gowland Hopkins descubrió substancias afines al ácido úrico en las alas de la mariposa. Desde entonces, estos compuestos, ahora denominados pterinas, han resultado ser muy comunes como substancias colorantes animales. La xantopterina amarilla se encuentra en las mariposas piéridas (Fig. 8), en las avispas y en la salamandra (Fig. 9) [6]. La eritropterina roja colorea las alas de diversas mariposas y causa las manchas rojas de la rana común [6]. Las pterinas fluorescen bajo luz ultravioleta, siendo muy interesante observar una colección de mariposas en la oscuridad bajo iluminación ultravioleta. El aspecto blanco o plateado del vientre de los peces se debe a la reflexión de la luz blanca por la guanina microcristalina, también relacionada con el ácido úrico.

El color rojizo de la cáscara del erizo de mar se debe a una substancia totalmente diferente (Fig. 18): un pigmento llamado equinocromo, que es una quinona del naftaleno, compuesto que tiene dos anillos bencénicos condensados. El equinocromo no se ha hallado en otra especie animal, pero se conoce otra naftaquinona derivada de una planta, a base de la cual se prepara el tinte llamado «henna». Sin embargo, un antepasado del erizo de mar, un lirio de mar o crinoide que existía en el mar Jurásico hace 150 millones de años, estaba coloreado por un pigmento quinónico de color violeta, con una cantidad de anillos bencénicos condensados; dicho pigmento ha permanecido cristalizado hasta hoy [7]. El único pigmento animal similar es la substancia colorante roja existente en la grasa de los insectos del tipo de la cochinilla, a base de la cual se prepara el carmín: se trata de una antraquinona con tres anillos bencénicos condensados.

La hemoglobina [8] es la substancia colorante de la sangre humana y de la carne; raramente colorea el cuerpo todo de los animales, aunque el hombre, los gusanos de tierra, las pulgas de agua y otros crustáceos (Fig. 16) son coloreados por ella. Su molécula consiste de una parte roja, haem, unida a una proteína incolora. El haem se compone de cuatro pirroles unidos por cuatro puentes meténicos, formándose así un anillo en cuyo centro se encuentra un átomo de hierro enlazado

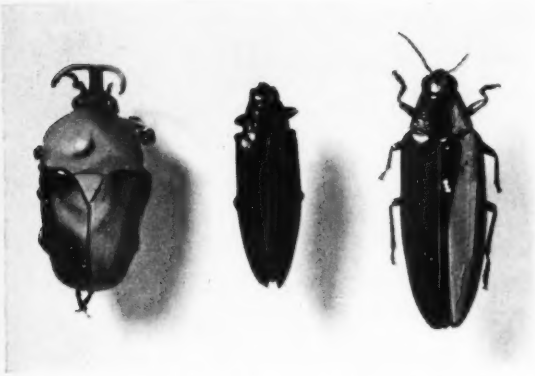


FIGURA 1 – *Escarabajos con coloración estructural.*

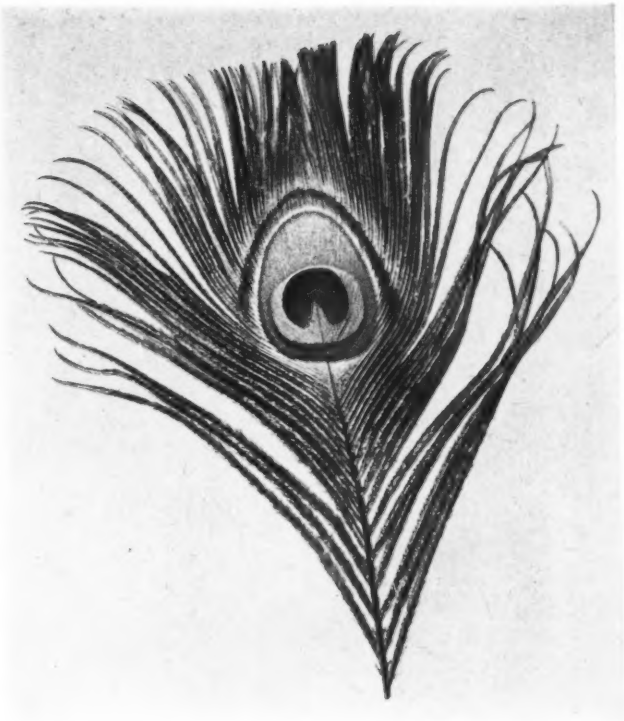


FIGURA 2 – *Pluma de pavo real.*

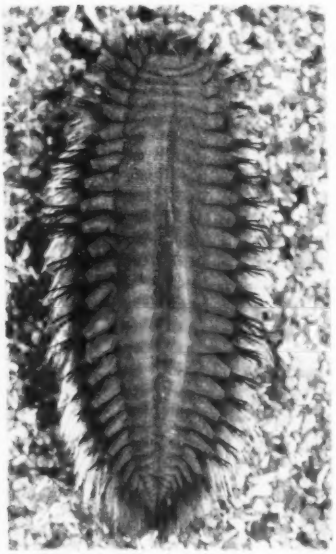


FIGURA 3 – *Rata de mar,* Aphrodite aculeata.

FIGURA 4 – *Oreja de mar,* Haliotis tuberculata.

FIGURA 5 – *Polilla diurna de Madagascar,* Urania rhiphoeus.

FIGURA 7 – *Langosta de mar.*

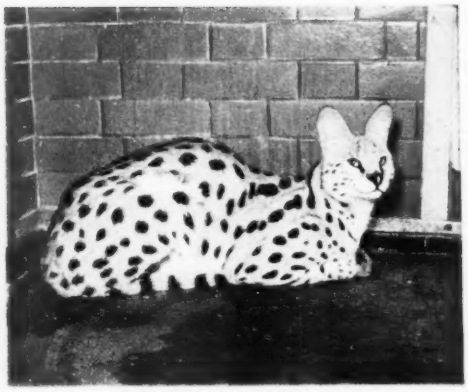


FIGURA 6 – *Cerval africano.*

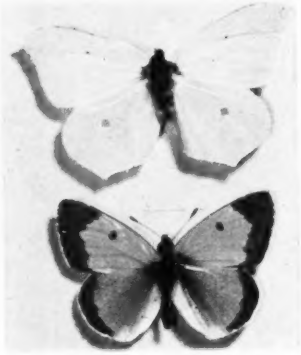


FIGURA 8 – *Mariposas de color azufre y amarillo velado.*

FIGURA 9 – *Salamandra europea.*

FIGURA 10 – *Barbete de amarillo del Himalaya mandil.*

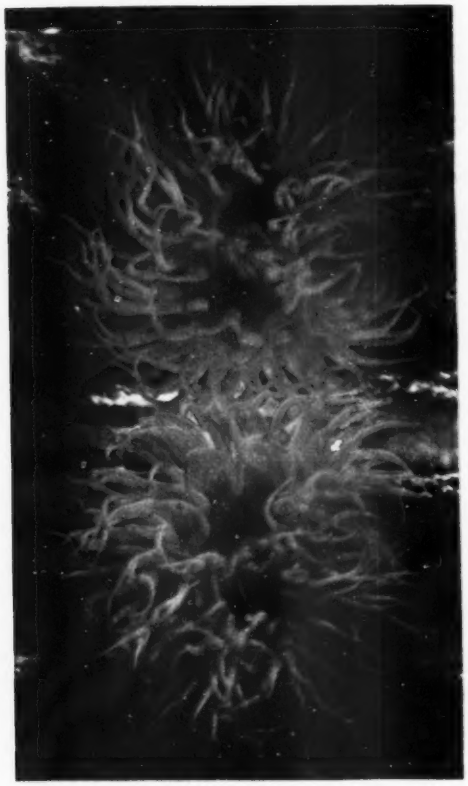


FIGURA 11 – *Anémona de mar,* Actinia equina, *y su reflejo.*

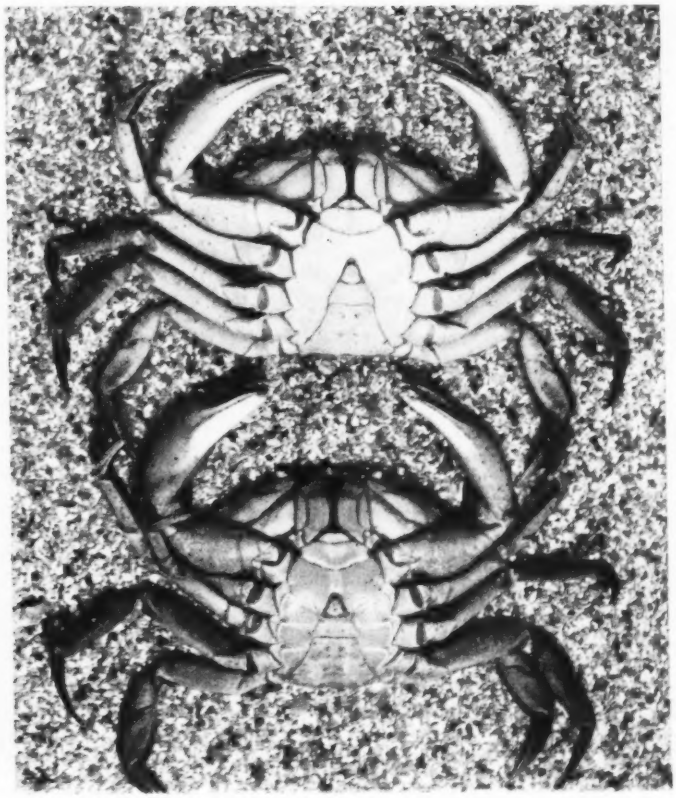


FIGURA 12 – *Cangrejos de roca,* Carcinus maenas.

FIGURA 13 – *Rana de zarzal australiana,* Hyla coerulea.

FIGURA 14 – *Flamencos.*

Las Figuras 7, 10, 11, 13 y 14 son de fotografías tomadas en el Zoo de Londres.

FIGURA 16 – *Apus,* Triops cancriformis, *de Hampshire, Inglaterra. (Tamaño natural.)*

FIGURA 15 – (*a la izquierda*) Conchas, Pecten opercularis.

FIGURA 17 – *Plumas de turaco.*

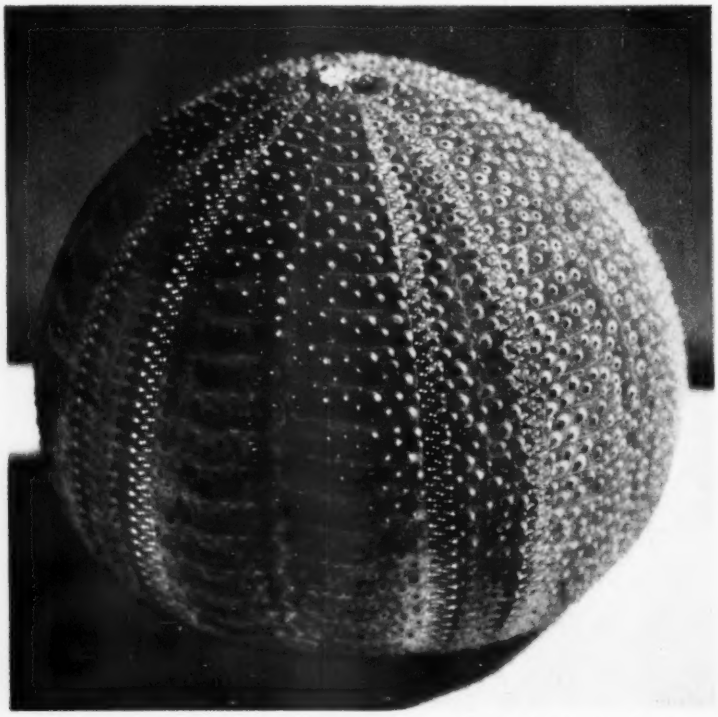


FIGURA 18 – *Erizo de mar,* Echinus esculentus, *iluminado adentro.*

a los cuatro nitrógenos pirrólicos. Si eliminamos el hierro, queda la protoporfirina. Otra variedad de la porfirina, que tiene un átomo de cobre en lugar del hierro del haem, es un pigmento rojo único que colorea las plumas del ala del turaco africano (Fig. 17). Este pigmento, la turacina [9], es muy soluble en álcali débil y se extrae fácilmente introduciendo las plumas en una solución de tal tipo. La turacina presenta dos bandas de absorción fuertes que pueden observarse fácilmente mirando a una luz a través de una pluma con un espectroscopio manual.

El haem de la sangre humana se halla en continuo proceso de desintegración, formándose el pigmento biliar, que es excretado. Este pigmento se forma a base de la porfirina por medio de la rotura oxidativa de un puente meténico. Existen diversas variedades del pigmento biliar, con diferentes colores que dependen del estado de oxidación. Una variedad colorea de azul los huevos de algunos pájaros mientras que otra hace verdes los huesos de la belona.

Existen numerosos insectos verdes, tales como las orugas y los saltamontes. Antes se creía que dicho color se derivaba de la clorofila absorbida con su alimento, pero hoy sabemos que se trata de una mezcla de dos pigmentos, uno amarillo y otro azul, presentes en la sangre o en la piel. Tal mezcla resulta verde porque el pigmento amarillo absorbe los rayos azul y violeta mientras que el azul absorbe los rayos rojo y amarillo, pero ambos reflejan los verdes. El azul del insecto es un pigmento biliar y el amarillo un carotenoide, ambos combinados con proteínas [10].

Quedan por conocer la naturaleza química y el origen fisiológico de numerosas substancias colorantes animales: buen ejemplo de ello nos lo ofrecen las conchas de la Fig. 15 y numerosos crustáceos.

REFERENCIAS

[1] Mason, C. W. *J. phys. Chem.*, **27**, 401, 1923; **31**, 1856, 1927.
[2] Pryor, M. G. M. *Proc. roy. Soc.* B, **128**, 393, 1939.
[3] Karrer, P. *Endeavour*, **7**, 3, 1948.
[4] Steven, D. M. *Nature, Lond.*, **160**, 540, 1947.
[5] Abeloos-Parize, M. y R. *C.R. Soc. Biol., Paris*, **94**, 560, 1926.
[6] Günder, I. *Z. vergl. Physiol.*, **36**, 78, 1954.
[7] Blumer, M. *Mikrochemie*, **36**, 1048, 1950.
[8] Fox, H. Munro. *Endeavour*, **8**, 43, 1949.
[9] Keilin, D. *Proc. roy. Soc.*, B, **100**, 129, 1926.
[10] Goodwin, T. W. *Biol. Rev.*, **27**, 439, 1952.

Revista de libros

ASTRONOMIA

Alfvén, H.: *On the Origin of the Solar System.* viii + 194 págs. The Clarendon Press, Oxford. 1954. 30s.

La teoría del origen del sistema solar desarrollada en este libro por el Profesor Alfvén supone que los planetas fueron formados por la acción electromagnética de una nube de gas que rodeaba al Sol, posiblemente la nube de que se había condensado esta estrella, suponiéndose también que en ese momento el Sol poseía un campo magnético general; bajo la acción de la gravitación, el gas ionizado tendía a caer hacia el Sol, mientras que el campo magnético tendía a impedir dicha caída. Los elementos de potencial de ionización más elevado se desionizaron primero. Al progresar la desionización, los componentes no ionizados se difundieron entre los componentes aun ionizados. Alfvén presenta razones para suponer que se formaron y cayeron sucesivamente hacia el Sol tres, y posiblemente cuatro, nubes no ionizadas y distintas en su composición química.

Supone también que esas nubes gaseosas, al caer hacia el Sol, sufrieron tal interacción que su energía cinética se transformó en calor. La ionización térmica vino después, quedando detenida la nube al alcanzar cierto límite. Entonces se transmitió a la nube, desde el cuerpo central, un momento angular resultando en una concentración del gas hacia el plano ecuatorial.

No queda claro el mecanismo del proceso mediante el cual se detiene la caída de la nube hacia el Sol; ése es el punto flaco de la teoría, del que depende la validez toda de la misma. Sin su aclaración, difícilmente podrá ser aceptada de manera general, aunque tiene características valiosas, pues no sólo explica las principales características del sistema planetario sino también las de los sistemas de satélites, siempre que se pueda establecer que cada planeta tenía un campo magnético de un valor superior a determinado límite. Este libro es una importante contribución a la literatura sobre el origen del sistema solar y es, por tanto, merecedor de seria consideración.

H. SPENCER JONES

Dufay, Jean: *Nébuleuses Galactiques et Matière Interstellaire.* 492 págs. Editions Albin Michel, París. 1954. Frs. 1650.

El estudio de la materia interestelar, que consiste en parte de gas y en parte de pequeñas partículas sólidas, ha adquirido gran importancia en la astrofísica. Dicha materia se manifiesta de diversas formas: por medio de las brillantes nebulosas gaseosas que lucen gracias a las estrellas incluídas en ellas; por las opacas nubes de polvo que obscurecen o borran completamente las estrellas que cubren; por la absorción

selectiva y la dispersión de la luz estelar, a la cual debilitan y enrojecen; por las líneas estacionarias de los espectros de las estrellas lejanas.

Las observaciones de estos fenómenos se recojen en una creciente literatura, en la que se analizan, discuten e interpretan. Estos problemas involucran una serie de teorías físicas muy diferentes en su naturaleza y amplitud; por ejemplo, la interpretación de las líneas «prohibidas» en los espectros nebulares, y las conclusiones que pueden derivarse de las investigaciones de la absorción selectiva sobre el tamaño y naturaleza de las partículas de polvo.

La materia interestelar se halla altamente condensada hacia los planos centrales de la Vía Láctea y de las galaxias externas. Se halla presente en los brazos espirales, pero no en los núcleos centrales. La formación de estrellas a partir de esta materia continúa aún por medio de su condensación, primero en granos y luego, gradualmente, en masas mayores.

El libro de M. Dufay es el más completo estudio de que se dispone sobre estos diversos fenómenos, observados y teoréticos, relacionados con la investigación de la materia interestelar. No hay en él un exceso de matemáticas, aunque están adecuadamente descritos los principios generales de las investigaciones matemáticas. La bibliografía es muy completa y útil, pero la inclusión de un índice detallado hubiera añadido valor a la obra; sin embargo, la falta de índices no es rara en los textos franceses. La selección de las planchas, tomadas todas en los observatorios de Forcalquier y Haute Provence, es buena y su reproducción, excelente.

H. SPENCER JONES

BIOGRAFIA

ANDRADE, E. N. DA C.: *Sir Isaac Newton.* 140 págs. Collins, Londres. 1954. 7s. 6d.

Newton ha sido el más grande de todos los sabios científicos. La biografía más utilizada fué, durante mucho tiempo, la publicada en 1855 por Sir David Brewster; tenía el defecto de presentar a Newton como un hombre perfecto. Más tarde vino a substituirla la obra de L. T. More (1934), más equilibrada. La presente «Vida Breve» es corta, comparada con la de More pero está magníficamente escrita por quien es hoy probablemente la máxima autoridad en esta materia. Contiene un brillante estudio de los descubrimientos de Newton y un retrato psicológico del sabio trazado con la máxima comprensión; la característica más trágica de éste fué su temor morboso a la oposición de otros, que fué el origen de sus disputas con Hooke sobre óptica, con Leibniz sobre el descubrimiento del cálculo, y con Flamsteed sobre astronomía. Muchos de los trabajos que aparecieron en 1704 en la *Opticks* habían quedado ya establecidos mucho antes, pero Newton no quiso publicarlos hasta después de la muerte de Hooke. Su ley de la gravitación y su teoría de la moción de los cuerpos celestes en aquélla basada pudieron muy bien haber permanecido ignoradas si no hubiese sido por la presión que sobre él ejercieron Halley y la *Royal Society.*

E. T. WHITTAKER

BIOLOGIA

PÀDOA, E.: *Biologia Generale.* 707 págs. Edizioni Scientifiche Einaudi, Turín. 1953. Liras 8000.

Se trata de un texto de biología general destinado al uso de los estudiantes del primer año de medicina. Sin embargo, contiene una información moderna y crítica y servirá para suministrar al médico general una base de conocimientos biológicos. Tan ameno y claro es su contenido que puede muy bien recomendarse como fuente de detallada información para todo lector que, sin poseer una preparación biológica específica, desee adquirir ciertos conocimientos en esta ciencia.

La primera parte contiene un estudio muy satisfactorio de la estructura, subestructura, composición química y actividad metabólica de los organismos vivos, resumiendo en particular de manera muy convincente los conocimientos modernos sobre las subestructuras del protoplasma y su importancia fisiológica. Los capítulos siguientes tratan de la reproducción, embriología y crecimiento; el estudio de éste está muy al día, relacionándose los numerosos datos con buen espíritu crítico.

Los capítulos sobre la genética, evolución y clasificación son relativamente largos, exponiéndose con gran penetración los diversos temas, de modo que el lector llega a conocer no sólo las modernas doctrinas sino también las controversias sobre varios temas que en la actualidad ocupan a los biólogos. Lo mismo puede decirse del último capítulo sobre la ecología, muy interesante desde un punto de vista general.

El libro incluye una buena bibliografía, que alcanza las obras publicadas hasta 1953. Está muy bien presentado y es uno de los mejores volúmenes sobre biología publicados en Italia durante los dos años últimos.

M. ALOISI

BIOQUIMICA

FRANCIS, G. E., MULLIGAN, W. y WORMALL, A.: *Isotopic Tracers.* XVI + 386 págs. University of London, The Athlone Press, Londres. 1954. 37s. 6d.

Este libro es una introducción elemental a los principios y prácticas del uso de los trazadores isotópicos en bioquímica, con particular referencia a la investigación médica. Como tal, es obra excelente y lúcida y viene a satisfacer una necesidad sentida por todo estudiante o investigador con preparación e intereses biológicos que, al hacer frente a un problema de trazadores, siente dudas antes de utilizar métodos que se basan principalmente en recientes investigaciones de física nuclear. Evidentemente, los autores de este libro, en su deseo de ayudar a tal tipo de lector, han hecho pleno uso de sus conocimientos de los trazadores bioquímicos.

El título de la obra hubiera podido ser algo más específico; por ejemplo, apenas menciona algunas de las importantes y elegantes aplicaciones de los trazadores isotópicos en la química física y en la agricultura. La parte más extensa de la obra (págs. 1–214) describe los principios de la preparación y las propiedades de los isótopos radiactivos y de los estables. Contiene un estudio práctico de los métodos de valoración isotópica y de su manipulación en un laboratorio. La sección concluye con una sinopsis de experimentos ilustrativos con trazadores, llevados a cabo casi exclusivamente dentro del campo del metabolismo de los animales vertebrados.

La sección final del libro consiste de un simple curso práctico para estudiantes, e incluye algunos ejercicios originales con proteínas de seros, marcadas con yodo-131. Existen útiles apéndices sobre el suministro y valoración de los isótopos radiactivos. Podemos recomendar con toda confianza este libro como una introducción práctica al estudio para uso de profesores y estudiantes de bioquímica y fisiología.

F. P. W. WINTERINGHAM

HALDANE, J. B. S.: *The Biochemistry of Genetics.* 144 págs. George Allen and Unwin Limited, Londres. 1954. 15s.

La afirmación de que la segregación

mendeliana dependía de diferencias químicas entre organismos sirvió de base a una nueva rama de la ciencia, de gran exactitud. Eso sucedía en 1902, pero sólo durante los últimos veinte años se ha ido formando un sólido edificio de conocimientos al que podemos denominar genética bioquímica. Esta nueva ciencia ha nacido de una combinación de técnicas y sistemas de inferencia radicalmente distintos entre sí. La combinación más importante es la existente entre la química de los genes dentro de la célula y la química de sus acciones, primero en organismos muy grandes y luego (con consecuencias diferentes) en organismos muy pequeños.

En este libro, el Profesor Haldane estudia esos grandes progresos en sus diversos aspectos. Se dirige a un público de bioquímicos, pero también sabrá interesar a los geneticistas. Es una obra que brilla sobre todo en el detalle; pero éste es un estudio de variada tecnicalidad que requiere gran concentración en el lector y, por lo tanto, necesita ser presentado con convicción y coherencia, aunque no con afectación. Sin embargo, en su tratamiento, el Profesor Haldane no alcanza una satisfactoria coherencia, faltando la esencial unidad. Su exposición se halla también interrumpida por una serie de consideraciones políticas y personales que necesariamente enojan al lector serio y contradicen una actitud seria por parte del autor. Indudablemente, es una obra valiosa, pero no alcanza a ser una gran obra.

C. D. DARLINGTON

CIENCIA GENERAL

DIRINGER, David: *The Hand Produced Book*. 604 págs. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1953. 60s.

El título de este libro no hace más justicia al alcance de la obra que el de *The Alphabet* hizo al volumen precedente; ambos tratan de aspectos de un mismo tema: la transmisión del pensamiento. En el volumen anterior, el Dr. Diringer estudiaba el desarrollo de la técnica de registrar el pensamiento; en éste describe una evolución igualmente importante: la manera de hacer ese registro permanente y portable.

Este libro es, en verdad, mucho más un estudio de una fase del desarrollo de la civilización que la historia de un objecto determinado. Para el bibliófilo europeo, el «libro hecho a mano» sugiere quizás el *Book of Kells* del siglo 9 o, cuando más, el *Codex Sinaiticus* del 4. De ellos habla el Dr. Diringer, es cierto; pero para su propósito, tan «libro» es una tableta de arcilla sumeria del 3 milenio a. de J.C., un papiro hierático egipcio del siglo 13 a. de J.C., un palo tallado con runas procedente de la Alemania medieval, o una piel de cierva con inscripciones mayas del siglo 12 d. de J.C. del Yucatán. En esta obra se recoje, breve pero autoritativamente y con amplias ilustraciones e índices, todo lo que hoy conocemos sobre los materiales, implementos y métodos de producción de libros, desde la prehistoria hasta la invención de la imprenta. También trata de algunos de los factores históricos que han fomentado la multiplicación de los libros.

La característica menos satisfactoria del libro es el plan sobre el que está estructurado. Los primeros capítulos tratan del desarrollo de la escritura y la evolución del «libro», partiendo del palo, piedra y hojas hasta la tableta de arcilla, el papiro o rollo de piel y el código de pergamino. Luego, después de un capítulo sobre la producción de libros en Grecia y Roma, otro titulado «El libro sigue a la religión» traza el desarrollo de la producción librera en el Occidente y el Oriente cristianos y bajo las sectas del Oriente Cercano y Medio: incluye también literatura hebrea e islámica. Otros dos capítulos tratan a continuación de las «religiones periféricas»: el resto de Asia y América. Por último, casi la quinta parte del libro se destina a «La contribución anglo-celta». Este capítulo es una interesante y completa monografía sobre paleografía insular, pero de longitud desproporcionada en un libro que cubre el mundo entero, en el que no queda espacio para conceder tratamiento equivalente a la producción librera post-carolingia en el continente europeo.

M. J. S. CLAPHAM

MASON, S. F.: *A History of the Sciences*. 520 págs. Routledge and Kegan Paul Limited, Londres. 1953. 28s.

Esta nueva historia de la ciencia lleva el subtítulo de «Principales corrientes del pensamiento científico», lo que significa que el interés descansa más sobre las líneas y el fondo general que sobre los detalles del progreso en matemáticas y experimentos y sus aplicaciones.

El campo que cubre es muy amplio, extendiéndose desde un conciso sumario de las ciencias en las antiguas civilizaciones y en Oriente, hasta el estudio de la astrofísica y relatividad modernas. Hay algunos capítulos generales sobre la tecnología medieval, las instituciones científicas, los aspectos del nacionalismo científico y otros temas.

Uno de los que corre a lo largo de la obra se refiere a la diferencia de enfoque entre la artesanía y la doctrina académica, que ha existido todo a lo largo de la historia. Se mantiene, por ejemplo, que el lento progreso de la ciencia china se debió en parte a la ausencia de relaciones entre el erudito, el burócrata y el técnico; más modernamente, el carácter académico de la genética mendeliana atrae mucho menos al agricultor que las teorías soviéticas de Michurin y Lysenko.

Las 500 páginas de apretado tipo no son de fácil lectura; forman más bien una especie de texto introductorio que guiará al estudiante en esta materia hacia posteriores investigaciones, para lo que ha de ser de gran utilidad la excelente bibliografía clasificada según temas generales y por capítulos.

El estilo del Dr. Mason es claro y conciso. El lector científico de nuestra época sabrá apreciar especialmente su comprensión de las doctrinas tanto antiguas como modernas.

R. H. G. THOMSON

NEEDHAM, Joseph y LING, Wang (Ayudante de investigaciones): *Science and Civilisation in China*. Vol. I. XXXVIII + 318 págs. Cambridge University Press. 1954. 52s. 6d.

Durante mucho tiempo los historiadores de la ciencia se han lamentado de la inexistencia de un estudio adecuado del desarrollo de la ciencia y la tecnología en la China antigua y medieval. Los relatos de los viajeros a través de las edades han atribuído numerosos inventos y descubrimientos a los chinos, lo que, con los fidedignos datos complementarios de que disponemos, nos hace suponer que los artífices, médicos, alquimistas, astrónomos e ingenieros chinos no eran menos capaces que los occidentales de su mismo tiempo, por lo menos hasta hace tres o cuatro siglos. Sin embargo, hasta hoy no disponíamos de una obra con suficiente autoridad en este tema y debemos por tanto felicitar al Dr. Needham por haber atacado tan valorosamente los problemas que lo erizan. Verdad es que el autor presenta cualidades únicas: eminente científico, autor de obras sobre la historia de la ciencia, sinólogo y conocedor de la lengua china y de su pueblo, posee

todas las armas necesarias para tal empresa. La obra completa, de la que éste es sólo el primer volumen, constará de siete; los seis aun por publicar se hallan ya en forma de manuscrito. El volumen I es introductorio; en él el autor trata de la lengua china, de la geografía e historia de China, y de las relaciones científicas entre dicha nación y el Oriente Medio y Europa durante el período estudiado. Aun en sí mismo, este volumen forma una valiosa contribución al estudio de una oscura región de la historia de la ciencia; como preludio a un estudio más detallado servirá para estimular a todos sus lectores. De fina concepción, estilo y presentación y plenamente documentado, este libro merece ser conocido por todos los que se interesen en el desarrollo de la ciencia y la civilización. Agradecemos por tanto a la Cambridge University Press la publicación de tan bella e importante obra a precio tan moderado.

E. J. HOLMYARD

SINGER, Charles, HOLMYARD, E. J. y HALL, A. R. (Compiladores): *A History of Technology*. Vol. I. LXIV + 827 págs. Clarendon Press, Oxford. £7 7s.

Este volumen, de más de 900 páginas, es el primero de una serie de cinco, ya preparados y casi en su mitad completos en manuscrito o forma impresa. Obra de tanta envergadura supone un apoyo económico: en efecto, en este caso el mecenas es *Imperial Chemical Industries Limited*. Pero ni el tamaño de la obra ni la importancia del mecenazgo son las características primordiales de esta importante producción. El factor más significativo es la posición de creciente dominio que van adquiriendo el técnico y la tecnología en la vida moderna; de lo que se deriva, como inevitable corolario, la orientación hacia dicho aspecto de los modernos estudios históricos. La pregunta «¿Cómo se hacen las cosas?» nos conduce a la de «¿Por qué se hacen?» y a la de «¿Qué consecuencias tiene el que se hagan?». Es decir, nos hallamos frente a una secuencia causativa basada en la tecnología, que sirve en medida considerable de espina dorsal a la historia, en el más amplio sentido de la palabra. Esta gran miscelánea está pues muy de acuerdo con tal tendencia moderna y servirá sin duda como obra clásica de referencia para historiadores y arqueólogos durante mucho tiempo.

El primer volumen de la serie trata del período pre-clásico y estudia temas de gran variedad, desde un enfoque biológico de la habilidad de hacer cosas como característica humana, hasta estudios detallados sobre el lenguaje, el cálculo, la escritura, la construcción, el transporte, el alumbrado, la agricultura y la astronomía. Las treinta y una secciones sobre esos y otros temas son obra de reconocidos especialistas y están admirablemente ilustradas con planchas y cuidadosos dibujos a línea. A pesar del amplio campo cubierto y de su carácter miscelánico, el libro es mucho más que una mera enciclopedia. Muchos artículos son obra de creación y representan valiosas contribuciones al conocimiento. Al mismo tiempo, casi todos ellos están escritos en un lenguaje claro y directo, perfectamente inteligible para el lector no especializado. Por el cuidado que han puesto en este sentido, así como por la notable estructuración de la obra, debemos felicitar al Dr. Charles Singer y sus colaboradores, los Drs. E. J. Holmyard y A. R. Hall.

El precio de la obra es elevado. Además, hubiera sido mucho más manejable, como libro de lectura o de consulta, si estuviese encuadernado en dos tomos, que, al ser vendidos separadamente, hubiesen significado un más llevadero sacrificio económico. Aparte de esta crítica, la *Clarendon Press* ha producido en este caso un libro de biblioteca casi perfecto.

R. E. M. WHEELER

CRISTALOGRAFIA

MONTEATH ROBERTSON, J.: *Organic Crystals and Molecules*. 340 págs. Cornell University Press, Ithaca, Nueva York. 1953. 32s. 6d.

La lectura de una conferencia puede ser útil aun para los que asistieron a ella, aunque evidentemente se pierde mucho del peculiar encanto que puede tener el acento del conferenciante. Un conferenciante no tiene los límites fijos de un libro de texto, y el Profesor Robertson, en sus conferencias en la Universidad de Cornell, habló ampliamente de los temas que despiertan su interés.

Los primeros éxitos de la difracción de los rayos X se produjeron en la química inorgánica, ya que entonces sólo podían examinarse muy pocas moléculas orgánicas simples. Sin embargo, en los últimos 20 años se han medido los alcaloides y esteroides, revelándose su forma molecular de manera más completa y más cuantitativa de lo que se podía conseguir con los métodos clásicos. El futuro nos ofrece la posibilidad de examinar los productos naturales y sintéticos más complicados por medio de procedimientos cuyas características y dificultades estudia este libro. La Parte I trata de la técnica y de los principios de interpretación; la Parte II, que es descriptiva, comienza con las estructuras fundamentales, el diamante, grafito, urea, hexametilbenceno y otros, que revelan ordenaciones estructurales básicas en las moléculas orgánicas. Luego sigue un estudio de la medición de los hidrocarburos de anillos condensados, que conduce al tratamiento de la relación general entre la longitud y el carácter del enlace. Otro capítulo trata de las estructuras químicas complejas y parcialmente conocidas. Aunque se tiene en cuenta el proceso mediante el cual las moléculas orgánicas constituyen la totalidad del cristal, se da la máxima importancia a la forma de las moléculas.

El lector hallará que, a su juicio, faltan en esta obra algunas cosas, que otras no son necesarias, pero en ningún momento podrá quejarse del interés de su lectura.

H. M. POWELL

FISICA

SWAINGER, K.: *Analysis of Deformation*. Vol. I. XIX + 285 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 63s.

En este libro se formula una teoría lineal para el análisis de la deformación finita en tres dimensiones. En ella se usan tres sistemas de referencia, contra uno en la elasticidad clásica. El autor afirma que su teoría revela determinadas deficiencias de la teoría anterior, pero eso no queda plenamente probado. Las ecuaciones que satisface la dilación v y el desplazamiento U (11,15 y 11,19 en las págs. 161–162) no son diferentes de las ecuaciones clásicas cuando uno tiene en cuenta la restricción impuesta por el autor: $rot\ U =$ const. Pero esta restricción no puede mantenerse; el $rot\ U$ no es constante en la teoría de la torsión de Saint-Venant, ni en el caso de la flexión por cizallamiento. Además, la existencia de un centro de flexión depende de la variación del $rot\ U$ a través de una sección.

En el texto se usa constantemente el análisis vectorial, habiéndose incluído, para dar independencia al libro, apéndices que tratan de dicho análisis y de la teoría potencial. El libro está bien presentado, en tipo muy claro, aunque nos parece un error que se hayan utilizado complicados caracteres del tipo Viejo Inglés para algunos símbolos, lo que da a algunas páginas (117 por ejemplo) un aspecto extraño; además,

el curioso sistema de notación que utiliza el autor no facilita la lectura. Por ejemplo, para hallar el significado de la expresión $S : P^n : \Delta S$ que sigue a un signo de integral, hemos tenido que realizar una larga búsqueda. Si se tiene en cuenta que éste es sólo el primer volumen de la obra, el libro nos ha parecido caro. L. S. GODDARD

INDUSTRIA

DAVIES, Owen L. (Compilador): *The Design and Analysis of Industrial Experiments*. XIV + 637 págs. Oliver and Boyd Limited, Edimburgo (para Imperial Chemical Industries Limited). 1954. 63s.

Existen numerosos libros sobre preparación de experimentos conteniendo una descripción detallada de éstos, pero muy pocos dan al lector una indicación de cuáles sean más adecuados para un problema determinado. El Dr. Davies y sus colegas no sólo han preparado una excelente obra de texto, sino que además ofrecen valiosísimos consejos sobre los diversos tipos de experimentos apropiados para determinadas circunstancias, ilustrando sus exposiciones con más de cuarenta experimentos sobre química industrial. Dan particular preferencia a la selección de los factores, insistiendo sobre su economía y sobre las ventajas de introducir factores extra en un experimento. Un breve capítulo sobre los experimentos secuenciales sirve de útil introducción a un tema en rápido proceso de expansión. Quizás lo más interesante de todo sea el extenso y luminoso estudio de las técnicas nuevas para determinar las condiciones óptimas, técnicas debidas en gran parte al Dr. Box, uno de los autores.

Es indudable que este libro, el mejor publicado hasta hoy sobre los aspectos estadísticos de la experimentación industrial, habrá de ser de gran utilidad para todo ingeniero. Los especialistas en estadística también hallarán en él muchas enseñanzas y un enfoque realista de los problemas de planeamiento de experimentos, bien sea para la investigación industrial o para otros estudios. Los autores insisten, con razón, primero en que muchas investigaciones cuantitativas son, inevitablemente, estadísticas, y, segundo, que una buena preparación experimental produce los datos buscados con el mínimo de esfuerzo experimental.

D. J. FINNEY

JOHNSTONE, Sidney J.: *Minerals for the Chemical and Allied Industries*. 692 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 75s.

He aquí una adición valiosa y bienvenida a la literatura de la química industrial. No sólo es una fuente de información cualitativa y cuantitativa, sino que también contiene para cada clase de mineral descrito una extensa bibliografía y referencias a las especificaciones respectivas de normalización. La práctica de la post-guerra está extensamente tratada, y el libro contiene información muy al día, considerando el tiempo necesario que ha pasado en prensa. La lista de 160 firmas y organizaciones que han suministrado datos al autor indica el esfuerzo realizado por éste para asegurar un material enteramente digno de confianza.

La sección sobre el plomo ilustra el tratamiento general del metal. Describe los minerales principales, su producción mundial, lista de contribuciones de los principales productores, métodos de fundición, usos del plomo, con detalles de las calidades usadas para varios fines en Gran Bretaña y las pruebas *standard* prescritas para un metal requerido para varios fines (por ejemplo, el plomo químico), y los pigmentos de plomo.

Muchos minerales que desde hace relativamente poco tiempo han adquirido una importancia industrial (tales como el indio, el talio, el uranio, el vanadio y el zirconio) son tratados con gran detalle. Todos los químicos seriamente interesados en la materia prima química deberían poseer o tener siempre a mano este libro.

TREVOR I. WILLIAMS

MEDICINA

FLOREY, Sir Howard (Compilador): *Lectures on General Pathology*. 733 págs. Lloyd-Luke (Medical Books) Limited, Londres. 1954. 63s.

Las 27 conferencias publicadas en este libro fueron escritas por diez maestros en su materia para estudiantes de Oxford ya graduados en fisiología y bioquímica y con alguna experiencia del enfoque experimental de los problemas naturales. El curso de conferencias duró dos trimestres. Los autores de la obra merecen ser felicitados, así como los editores, por la manera en que han presentado el texto y las numerosas ilustraciones.

Las principales conferencias tratan de la patología general, (su historia, inflamación, fiebre, reacciones de la sangre ante el mal, antígenos y anticuerpos) y de la patogenia y la virulencia de los microorganismos. Hay conferencias también sobre los aspectos más bioquímicos del tema, tales como la hemorragia, el *shock* y el edema, y dos capítulos sobre radiaciones. Algunas conferencias despertarán más interés que otras, pero es casi innecesario decir que en su conjunto merecen ser leídas y están al día en cuanto a contenido y aspecto. Resulta curioso, no obstante, que ninguna se refiera a los tumores y sus efectos generales sobre el organismo. Una conferencia sobre la patología resultante de las desviaciones del plano normal de la nutrición hubiera sido útil, aunque en este caso tal vez hubiéramos tenido que renunciar al estudio de Sir Howard Florey sobre la inflamación de las membranas mucosas y al de G. R. Cameron y E. P. Abraham sobre los cambios degenerativos, lo cual hubiera sido lamentable. Es posible que un día este compendio se extienda hasta abarcar tres trimestres.

Cada conferencia concluye con una lista de referencias originales y hay en el libro un índice de temas y autores, éste último de cierta utilidad, pero tal vez no lo suficientemente completo. Las conferencias serán apreciadas por muchos más que aquéllos para quienes fueron escritas y expuestas.

R. A. McCANCE

METALURGIA

HUME-ROTHERY, William y RAYNOR, G. V.: *The Structure of Metals and Alloys*. VIII + 363 págs. The Institute of Metals, Londres. 1954. 35s.

La primera edición de esta obra, redactada por Hume-Rothery, apareció en 1936, publicándose desde entonces regularmente ediciones revisadas. Esta es la tercera y, aunque se ajusta al esquema original, se trata en realidad de un libro nuevo. El rápido desarrollo de la parte de la ciencia metalúrgica que depende del conocimiento de la estructura atómica exige un más amplio tratamiento de temas incluídos en la primera edición; además, en ésta existen nuevas secciones sobre las aleaciones ferrosas, las imperfecciones y la teoría de la dislocación. En este cambio se ha producido una cierta desviación de interés, lo cual es inevitable en un estudio en rápido proceso de desarrollo; en especial, la obra no es ya la presentación de investigaciones originales sino que está dedicada casi enteramente a la presentación de material ya publicado en otra parte.

Esta presentación es de admirable claridad, evitándose todo tecnicismo

cristalográfico y notaciones matemáticas, en la suposición, según presumimos, de que son desconocidos por el estudiante de metalurgia. Por otra parte, el físico resulta abrumado por la abundancia de detalles sobre los sistemas de aleaciones utilizados para ilustrar los principios descritos. Hay dos aspectos que nos producen admiración: la habilidad con que los autores anticipan y resuelven las dificultades del principiante, y las indicaciones sobre las direcciones en que están desarrollándose estos estudios, presentadas al abandonar o modificar los autores algunas de las ideas y sugerencias recogidas en la edición de 1936.

La producción y la impresión son excelentes (aunque, ¿qué ha sucedido a la Fig. 57 de la pág. 71?) y el precio laudablemente bajo. W. H. TAYLOR

SULLY, A. H.: *Chromium*. 272 págs.; MILLER, G. L.: *Zirconium*. 382 págs. Nos. 1 y 2 de la serie *Metallurgy of the Rarer Metals*. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1954. 35s. y 45s. respectivamente.

Estos dos volúmenes iniciales de una serie destinada a los metales menos comunes se publican en el momento mismo en que el cromo y el zirconio están adquiriendo gran importancia estratégica. Los desarrollos más recientes en la metalurgia del cromo se orientan hacia la obtención de más elevados índices de pureza, necesarios para la preparación de materiales que presenten propiedades útiles a temperaturas elevadas y puedan por tanto servir para la construcción de motores de diseños modernos. El zirconio debe el rápido incremento de su producción y las numerosas investigaciones que sobre sus aleaciones se han llevado a cabo, a la notable resistencia al ataque químico que dicho metal presenta, así como a la posible aplicación de sus aleaciones a los trabajos relacionados con el campo de energía atómica.

Ambos volúmenes están escritos por una autoridad en el campo respectivo y contienen gran riqueza de información. Sin duda servirán de estímulo para que los investigadores que los lean desarrollen aún más los conocimientos básicos sobre dichos metales. Los aspectos tratados incluyen el estudio de los yacimientos, extracción, manufactura y moldeo de los metales, sus propiedades físico-químicas y las de sus aleaciones, y una serie de datos hoy conocidos sobre su constitución. Los libros contienen además bibliografías muy completas. Si la serie se mantiene en el nivel alcanzado por estos dos volúmenes, los siguientes — que habrán de tratar del titanio, molibdeno, platino, manganeso y uranio — serán sin duda obras de gran utilidad.

B. W. MOTT

QUIMICA

DUNLOP, A. P. y PETERS, F. N.: *The Furans*. 867 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 144s.

Este volumen, salido de los laboratorios de la Quaker Oats Company, trata ampliamente de los trabajos llevados a cabo sobre los furanos hasta el fin de diciembre de 1950 y de las aplicaciones de dichas substancias. La Parte I (700 págs.) es un estudio de la química de los furanos; la Parte II (100 págs.) estudia las aplicaciones industriales del furfural y de sus derivados. En un apéndice aparece una lista de patentes sobre las resinas furánicas. Hay además un índice de materias pero no de autores.

La obra contiene gran riqueza de información y será un instrumento de referencia indispensable en el estudio químico de los furanos. Es muy completa y hace útil uso de tablas que facilitan la rápida búsqueda de los compuestos y de ejemplos de tipos de reacción. El libro contiene más de 5000 referencias a la literatura química moderna. La impresión y la presentación de las fórmulas son excelentes. Finalmente, es alentador ver que los mecanismos electrónicos son estudiados en relación con determinadas reacciones. W. BAKER

EMMETT, Paul H. (Compilador): *Catalysis*, Vol. I: *Fundamental Principles* (Parte I). 394 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 80s.

Este es el primero de una serie de volúmenes destinados a mostrar el presente estado de nuestros conocimientos, teóricos y prácticos, sobre la catálisis. Dos de los ocho capítulos tratan de los métodos prácticos para preparar catalizadores y de soportes y activadores. Un capítulo sobre el magnetismo y la catálisis describe los métodos para investigar las propiedades magnéticas, pero aparte de una afirmación inicial de que numerosos elementos de gran importancia para la catálisis presentan interesantes propiedades magnéticas, apenas se procura aclarar dicha relación ni revelar su causa, si verdaderamente existe. Otros capítulos tratan de la adsorción física y de la medida del area superficial; el último es muy competente y crítico, interesándose especialmente en el método *BET*, que presupone la existencia de una capa monomolecular completa cuando la isoterma de adsorción de los gases presenta un repentino cambio de dirección.

La sección más coherente contiene tres capítulos por Laidler sobre la quemosorción, las leyes cinéticas de la química de las superficies, y la teoría de las velocidades absolutas de reacción en las reacciones de superficies. Los dos primeros contienen datos experimentales muy recientes; en el tercero, las propiedades postuladas para las superficies son muy hipotéticas y su aplicación cuantitativa a casos concretos es aún apenas posible. La catálisis homogénea se estudiará en un volumen posterior.

Aunque de gran utilidad, este volumen nos parece no enfocar seriamente el problema que plantea la existencia misma de la catálisis superficial, ni por qué se producen en las superficies reacciones que no pueden tener lugar de otra manera. Muy poco se dice sobre la relación entre el poder catalítico y el espaciamiento geométrico de los átomos superficiales. Tal relación, sugerida hace ya mucho, es intrínsecamente muy probable y ha encontrado gran apoyo en las investigaciones de Otto Beeck. Ninguno de los autores parece comprender que las tensiones sufridas por las moléculas adsorbidas a causa de la falta de correspondencia entre la distancia normal entre sus átomos y la distancia entre los átomos de la superficie a los que se hallan enlazados, es una causa muy probable de su crecida reactividad. Es de esperar que cuestión tan fundamental habrá de ser tratada debidamente en un volumen posterior.

N. K. ADAM

KARRER, P.: *Lehrbuch der Organischen Chemie*. 12ª edición. xx + 949 págs. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1954. DM. 59,70.

De nuevo el Professor Karrer ha revisado su famoso texto y publicado una edición enteramente al día. La ordenación del contenido sigue la de las anteriores ediciones, basándose de manera sistemática en la naturaleza y número de los grupos funcionales en los compuestos alifáticos, alicíclicos y heterocíclicos. El texto ha sido enteramente revisado en algunas de sus partes, dedicándose a ciertos temas mayor

espacio, lo que ha significado la reducción de otras materias y la supresión de la mayoría de las tablas.

Algunos reactivos de desarrollo reciente, por ejemplo $LiAlH_4$, son objeto de frecuente mención, estudiándose además nuevos compuestos de interés bioquímico como el derivado S-acetilo de la coenzima A, e incluyéndose las estructuras, de muy reciente determinación, de la terramicina y aureomicina. Las tropolonas ocupan tres páginas, mencionándose además brevemente los compuestos de inclusión de la urea y del tri-*o*-timotido para la resolución de los compuestos enantiomórficos. En realidad debe decirse que no se ha omitido ni un solo avance significativo de la química orgánica ocurrido desde la última edición.

La obra de Karrer es probablemente el mejor texto de un solo volumen publicado para uso de los estudiantes e investigadores de química orgánica y como obra de consulta, que puede por tanto recomendarse calurosamente.

J. F. W. McOMIE

KETELAAR, J. A. A.: *Chemical Constitution.* VIII + 398 págs. Elsevier Publishing Company, Amsterdam; Cleaver-Hume Press Limited, Londres. 1953. 40s.

Es éste un libro muy interesante que trata de los fundamentos físicos sobre los que se basan nuestras ideas actuales sobre las fuerzas interatómicas e intermoleculares y que hace uso de una gran variedad de ejemplos tomados de la química orgánica e inorgánica. El autor expresa una idea razonable, aunque no muy común: que los fenómenos de la química forman un todo unificado. Se estudian las propiedades de las substancias, relacionándolas con cuatro tipos de enlace: el iónico, el atómico, el covalente y el de van der Waals. En la primera categoría existe una gran riqueza de datos sobre los complejos y los compuestos intermoleculares de distintas clases, correlacionándose las propiedades de algunas de dichas substancias con la estructura cristalina. El libro contiene una clara exposición de los principios de covalencia según la mecánica ondulatoria, de las energías de enlace y de la resonancia. También se consideran críticamente el enlace de valencia y los métodos de las orbitales moleculares para tratar configuraciones moleculares electrónicas. Es muy de agradecer la clara presentación de temas tales como la valencia dirigida, el carácter de enlace múltiple, la conjugación, el color, todo ello en términos de la moderna teoría de la valencia. El capítulo sobre el enlace metálico incluye un estudio simplificado, pero instructivo, de la teoría electrónica de los metales, las zonas de Brillouin y las propiedades de las aleaciones. El que trata de las interacciones de van der Waals contiene mucho material de interés actual sobre la formación de compuestos moleculares y las propiedades físicas con ella asociadas.

Esta obra revela un enfoque original de los temas más interesantes de la química y debiera servir de estímulo no sólo a los estudiantes de dicha ciencia sino a todos los que quieran estar informados del progreso de la teoría química.

H. W. THOMPSON

PALMER, W. G.: *Experimental Inorganic Chemistry.* XX + 578 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 50s.

El Dr. Palmer propone la siguiente cuestión: Ya que la química orgánica se enseña principalmente en un laboratorio ¿no debiera la inorgánica tratarse del mismo modo? Su respuesta es afirmativa y va acompañada de la afirmación de que los métodos actuales carecen de inspiración y producen aburrimiento. Muchos coincidirán con él en que el análisis cualitativo de las mezclas artificiales y la selección de análisis cuantitativos que forman los ejercicios prácticos de química inorgánica para el estudiante de los primeros años, no servirán para estimular el entusiasmo que generalmente se manifiesta entre los que trabajan en química orgánica. Una de las dificultades para llevar a cabo un cambio efectivo es la falta de textos apropiados, y, por eso, con loable energía y resolución, el Dr. Palmer ha llevado a feliz término la considerable labor de escribir un libro que fuese expresión práctica de su noción sobre el más apropiado método de enseñar en un laboratorio la química inorgánica. Debemos decir que su obra significa un pleno triunfo y que sería extraño que no sirviese para rejuvenecer esa parte de los estudios de química.

Después de una introducción teórica general que trata de temas tales como la estructura atómica, los enlaces químicos, las separaciones interatómicas, los elementos metálicos, los procesos electroquímicos, y la estructura y tendencias cristalinas, el Dr. Palmer ha organizado su curso siguiendo el orden de los grupos del sistema periódico (con exclusión del grupo O). Cada sección contiene una introducción, seguida de cuidadosas y comprobadas instrucciones sobre los trabajos preparatorios; muchas de las preparaciones van acompañadas de instrucciones para el análisis de los productos, idea excelente pues hace que el estudiante analice los mismos productos por él preparados. Estas preparaciones son de variada dificultad, pero su selección es muy amplia e interesante.

E. J. HOLMYARD

PATTERSON, Austin M.: *A French-English Dictionary for Chemists.* 2ª edición. XIV + 476 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 52s.

La aparición de la segunda edición de este diccionario habrá de ser por lo general bien recibida, ya que la primera, publicada en 1921 se ha convertido en una obra clásica de referencia. Sin embargo, el avance de la química ha sido tan rápido en los últimos 25 años y se han iniciado estudios en ramas de tanta novedad que inevitablemente se ha introducido en el uso general numerosos términos nuevos, mientras que otros han quedado olvidados. En esta nueva edición, el vocabulario ha aumentado de 35 000 a 42 000 palabras; una serie de pruebas al azar nos ha demostrado que la selección de las mismas es altamente satisfactoria.

TREVOR I. WILLIAMS

WALKER, J. F.: *Formaldehyde.* 2ª edición. 575 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 96s.

La primera edición de esta obra se publicó en 1944; ahora aparece enteramente revisada. Se trata de un estudio muy completo que habrá de interesar tanto al investigador como al fabricante y al utilizador del aldehido. Sus capítulos incluyen la producción del formaldehido; las propiedades físicas y químicas, y las reacciones del formaldehido; usos del formadehido y de polímeros de éste.

Es éste un libro estimulante y fascinador, que cubre excelentemente el campo que estudia y en el que sólo hemos notado la ausencia de una reacción del formaldehido: su uso para detectar los residuos de hidrocarburos aromáticos por el método de Ramsden. Cada capítulo contiene una bibliografía con un total de referencias superior a 2000. La impresión y la presentación de las fórmulas son de primer orden, y los únicos errores observados aparecen en las páginas 332 y 361. También nos parece que, en vista de las pruebas aducidas, no parece

haber razón para considerar dudosa la estructura de la hexametileno-tetramina (pág. 404). El libro contiene asimismo un índice de autores y otro de materias.

W. BAKER

WOLSTENHOLME, G. E. W. y CAMERON, Margaret P. (Compiladores): *The Chemical Structure of Proteins*. 222 págs. Simposio de la «Ciba Foundation». J. and A. Churchill Limited, Londres. 1953. 25s.

Durante los últimos años, los progresos más recientes en el conocimiento de la estructura de las proteínas han resultado de la aplicación de métodos químico-analíticos de gran exactitud. La primera fase se caracterizó por el esfuerzo por desarrollar métodos de análisis de los amino-ácidos suficientemente precisos para indicar exactamente el «número» de residuos de cada tipo presentes en la molécula; las investigaciones posteriores se han concentrado en el establecimiento del «orden» de dichos residuos a lo largo de las cadenas polipéptidas. La Fundación «Ciba» ha prestado un valioso servicio haciendo posible que los investigadores más notables en estos estudios se reuniesen en diciembre de 1952; el presente volumen recoje las memorias presentadas a dicha conferencia y la reseña taquigráfica de los debates, presentando así un cuadro vívido, compacto y comprensible del estado actual de una materia en rápido proceso de expansión.

Los temas discutidos incluyen los nuevos procedimientos de fraccionamiento de las proteínas por alta resolución (Craig, Stein, Porter); la determinación de los grupos terminales (Desnuelle, Chibnall, Fromageot); la degradación gradual de las cadenas polipéptidas (Edman, Fraenkel-Conrat, D. F. Elliott, Turba, Wieland); los métodos de degradación enzimática (E. L. Smith); y, finalmente, estudios de determinadas substancias (Synge, Felix, Boulanger, Schroeder, Grassmann). En resumen, podemos decir que disponemos de un número de métodos muy eficaces que pueden resolver muchos, y aun todos, problemas relacionados con la secuencia amino-acídica de las proteínas. En realidad, hasta ahora su aplicación se ha limitado a ciertos casos favorables, pero es de suponer que muy pronto se extienda a otros muchos.

J. C. KENDREW

ZOOLOGIA

VON FRISCH, Karl: *The Dancing Bees; an account of the Life and Senses of the Honey Bee*. Traducción de Dora Ilse. 183 págs. Methuen and Company Limited, Londres. 1954. 16s. 6d.

Esta es la traducción al inglés de *Aus dem Leben der Bienen* (1953), que en un estilo terso y convincente, libre de tecnicismos, estudia una serie de notables características de estos insectos asombrosos. Quizás el título confunda un tanto al lector ya que, aunque las danzas de *Apis melifera* — mediante las cuales el animal comunica a los demás miembros del enjambre el descubrimiento de una rica fuente de alimento, su dirección y su distancia — son objeto de una lúcida exposición, el libro trata de otros muchos temas. Entre ellos se incluye la división del trabajo en la colonia, el proceso olfativo de la abeja, la reserva de «perfume» que lleva consigo, el significado de los aromas, el uso de los ojos, el sentido temporal de la abeja, su capacidad mental y su sentido de la dirección, la cría, el enjambre, la reina, el cuidado de la generación joven, la cruel destrucción de las reinas innecesarias, la matanza de los zánganos, los enemigos y las enfermedades que atacan a la abeja. En efecto, poco hay en la vida de este insecto que no encuentre cabida en el libro; numerosos lectores hallarán de gran interés los pacientes e ingeniosos experimentos que han servido para aumentar nuestros conocimientos sobre un insecto tan valioso como notable. Para servir de comparación, el libro contiene dos capítulos sobre las hormigas, avispas, moscardones y abejas solitarias. La obra contiene numerosas ilustraciones a línea y fotografías que ayudan a la comprensión del texto.

G. LAPAGE

KENNEDY, M.: *The Sea Angler's Fishes*. 524 págs. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1954. 50s.

En numerosas ciencias, por no decir en casi todas, la teoría y la práctica cotidiana muestran una marcada distinción, la cual, en ningún estudio es más marcada que en la zoología marina. Es evidente que por muy erudito que sea un ictiólogo, eso no quiere decir que sus conocimientos de estructura y taxonomía le sirvan de mucho para pescar con caña; viceversa: el pescador rara vez posee gran conocimiento científico sobre las piezas que atrapa, aunque muy bien sepa cómo, cuándo y de qué manera conviene lanzar el anzuelo. Por lo tanto no deja de tener interés un libro muy completo en el que un buen conocedor, tanto de las especies que pueden interesar a los pescadores británicos como del arte piscatorio, describe las presas. No falta tampoco un notable sentido literario para combinar con pleno éxito la ictiología y las consideraciones sobre el arte de la pesca, resultando un libro bien ilustrado, con multitud de detalles anatómicos y datos sobre los hábitos alimenticios, fases de la reproducción y demás información sobre los peces, con útiles consideraciones sobre los más sabrosos modos de condimentarlos cuando han alcanzado la categoría de «pescados».

En un capítulo introductorio sobre biología general, el lector aprende algunos términos técnicos necesarios para la comprensión de las descripciones que siguen, reduciéndose así al mínimo los detalles técnicos en el texto. La lectura de esta obra servirá para dar al pescador una serie de muy útiles nociones sobre los principios de una buena técnica de la pesca; el zoólogo podrá descubrir además que hay muchas cosas que no se pueden aprender en un laboratorio.

TREVOR I. WILLIAMS

SEINOSUKE UCHIDA: *Shinpen Nihon Chôrui Zusetsu* (Catálogo ilustrado de las aves del Japón). 2ª edición. 313 págs. Sôgensha Publishing Company, Tokyo. 1950. 2200 yen.

Esta es una edición completamente corregida del *Nihon Chôrui Zusetsu* del mismo autor, cuya primera edición apareció en 1913–1915 en tres volúmenes, y la cuarta y última en 1925–1927, también en tres volúmenes. La obra actual consiste de cuatro partes: introducción general; ilustraciones de aves; descripciones de las características generales de cada orden de aves; y los índices de los nombres científicos, japoneses e ingleses de las aves, junto con una bibliografía.

El autor sigue la clasificación de Ernest Hartert, que es también la clasificación adoptada por la Sociedad de Ornitología del Japón en su publicación «Inventario de las aves japonesas» (1942). El autor es una de las principales autoridades japonesas en ornitología, y las distintas ediciones de sus trabajos, de los cuales éste es el último, se consideran clásicas. Las ilustraciones de casi 400 aves, están muy bien realizadas y aún el lector que no conoce el idioma japonés no encontrará dificultad, gracias a los excelentes índices, para formarse una idea del aspecto de las aves del Japón.

K. ENOKI

Libros recibidos

(*Nota.* La mención de un libro en esta sección no excluye su futura revista.)

ASTRONOMIA

DANVILLIER, A.: *Le Magnétisme des Corps Célestes*, Vols. I y II. 171 y 161 págs. respectivamente. Hermann et Cie., París. 1954. Frs. 1600 y 1500 respectivamente.

BOTANICA

BROWN, Dorothy: *Methods of Surveying and Measuring Vegetation.* 223 págs. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Inglaterra. 1954. 35s.

CIENCIA GENERAL

GHOSE, B. C.: *Industrial Organization.* 250 págs. Oxford University Press, Londres. 1954. 14s.

MILLS, H. R.: *Techniques of Technical Training.* 195 págs. Cleaver-Hume Press Limited, Londres. 1953. 10s. 6d.

OPPENHEIMER, J. R.: *Science and the Common Understanding* (*B.B.C. Reith Lectures*, 1953). 127 págs. Oxford University Press, Londres. 1954. 10s. 6d.

UBBELOHDE, A. R.: *Man and Energy.* 247 págs. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1954. 18s.

CIENCIAS BIOLOGICAS

RAVEN, C. P.: *An Outline of Developmental Physiology.* 216 págs. Pergamon Press Limited, Londres. 1954. 17s. 6d.

WENRICH, D. H., LEWIS, I. F., y RAPER, J. R. (Compiladores): *Sex in Microorganisms.* 362 págs. American Association for the Advancement of Science, Wáshington; Bailey Brothers and Swinfen Limited, Londres. 1954. 51s. 6d.

FISICA

BOYD, R. L. F. y SEATON, M. J. (Compiladores), con colaboración de MASSEY, H. S. W.: *Rocket Exploration of the Upper Atmosphere.* 376 págs. Pergamon Press Limited, Londres. 1954. 75s.

DUHEM, Pierre: *The Aim and Structure of Physical Theory.* XIII + 344 págs. Princeton University Press, Princeton; Geoffrey Cumberlege, Londres. 1954. 48s.

FLEURY, P. y MATHIEU, J. P.: *Chaleur, Thermodynamique, États de la Matière.* 523 págs. Editions Eyrolles, París. 1954. Frs. 3400.

TER HAAR, D.: *Elements of Statistical Mechanics.* 468 págs. Rinehart and Company Inc., Nueva York. 1954. $8,50.

HELMHOLTZ, H. L. F., con una nueva introducción por MARGENAU, Henry: *On the Sensations of Tone.* XIX + 576 págs. Dover Publications Inc., Nueva York. 1954. $4,95.

HUNTLEY, H. E.: *Nuclear Species.* XIX + 193 págs. Macmillan and Company Limited, Londres. 1954. 21s.

GEOLOGIA

SCHOKALSKAJA, S. Ju.: *Die Böden Afrikas* (Traducido del ruso.) 408 págs. Akademie-Verlag, Berlín. 1953. DM. 29.

TERMIER, G. y TERMIER, H.: *Formation des Continents et Progression de la Vie.* 132 págs. Masson et Cie., París. 1954. Frs. 750.

MATEMATICAS

AVERY, J. H. y NELKON, M.: *An Introduction to the Mathematics of Physics.* 178 págs. William Heinemann Limited, Londres. 1954. 9s. 6d.

GUMBEL, E. J.: *Statistical Theory of Extreme Values and some Practical Applications.* VIII + 51 págs. National Bureau of Standards, Wáshington. 1954. 40 centavos.

SMITH, D. E. y SMITH, M. L. (Traductores): *The Geometry of René Descartes.* 243 págs. Dover Publications Inc., Nueva York. 1954. En rústica, $1,50; en pasta, $2,95.

MEDICINA

Documenta Ophthalmologica, Vols. VII–VIII. 758 págs. Dr. W. Junk, La Haya. 1954. £12.

KUSANO, Nobuo (Compilador): *Atomic Bomb Injuries.* 112 págs. The Tsukiji Shokan Company, Tokyo. 1953. $8.

METALURGIA

HAMPEL, C. A. (Compilador): *Rare Metals Handbook.* XIII + 657 págs. Chapman and Hall Limited, Londres; Reinhold Publishing Corporation, Nueva York. 1954. 96s.

QUIMICA

ALEXANDER, Peter y HUDSON, R. F. (Compiladores): *Wool: Its Chemistry and Physics.* 404 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 45s.

Biochemical Society Symposia No. 12 — *The Chemical Pathology of Animal Pigments.* 84 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 12s. 6d.

HOLMYARD, E. J.: *Outlines of Organic Chemistry* (tercera edición). 492 págs. Edward Arnold (Publishers) Limited, Londres. 1954. 16s.

MEES, C. E. K.: *The Theory of the Photographic Process* (edición revisada). 1133 págs. The Macmillan Company, Nueva York. 1954. $21,50.

VANNOTTI, A.: *Porphyrins: Their Biological and Chemical Importance.* 258 + XV págs. Hilger and Watts Limited, Londres. 1954. 50s.

WILSON, A. J. C. (Compilador): *Structure Reports for* 1950, Vol. XIII. VIII + 644 págs. A. Oosthoek's Uitgevers Mij., Utrecht. 1954. Fl. 45.

WINCHELL, A. N.: *The Optical Properties of Organic Compounds.* 487 págs. Academic Press Inc., Nueva York; Academic Books Limited, Londres. 1954. $12.

TECNOLOGIA

BENNETT, C. A. y FRANKLIN, N. L.: *Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry.* XVI + 724 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 25s.

FRANCIS, Wilfred: *Coal.* 567 págs. Edward Arnold (Publishers) Limited, Londres. 1954. 84s.

Modern Chemical Processes, por los compiladores de *Industrial and Engineering Chemistry.* 276 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 40s.

Reviews of Research on Problems of Utilization of Saline Water. 96 págs. UNESCO, París; Ministry of Education, Londres. 1954. 10s. 6d.

SELL, George (Compilador): *Significance of Properties of Petroleum Products.* 74 págs. The Institute of Petroleum, Londres. 1954. 7s. 6d.

Notas sobre los colaboradores

SIR MACFARLANE BURNET

Nació en 1899 y estudió en la Universidad de Melbourne. Patólogo Interno del Hospital de Melbourne (1923-4), de donde pasó al *Lister Institute* de Londres en 1926. Regresó a Melbourne como Vice-Director del *Walter and Eliza Hall Institute for Medical Research*, del que fué nombrado Director en 1944. Sus investigaciones se han concentrado principalmente en las enfermedades contagiosas y más especialmente en el virus de la gripe.

CHARLES SINGER

Nació en Londres en 1876, estudiando en dicha universidad, en Oxford y en Heidelberg. Ha sido Catedrático de Historia de la Medicina en la Universidad de Londres y Catedrático Visitante de Historia de la Ciencia en la Universidad de California. Entre sus obras se encuentran: *A History of Biology*, *A Short History of Science* y *The Earliest Chemical Industry*.

E. N. WILLMER

Nació en 1902 y estudió en el *Corpus Christi College*, Oxford, donde cursó zoología, especializándose en los órganos sensoriales de los insectos. Trabajó luego en el Laboratorio de Fisiología de la Universidad de Mánchester, especialmente en cultivos de tejidos y estudios sobre el crecimiento, que luego continuó en el Laboratorio de Fisiología de Cambridge, donde en 1929 fué nombrado Profesor de Histología. Durante los últimos diez años se ha dedicado al estudio de las propiedades estructurales del ojo, especialmente en relación con los problemas de la visión del color.

SIR EDWARD APPLETON

Nació en Bradford, Yorkshire, hace 62 años. Ha sido Catedrático de Física en Londres y Cambridge y en 1939 fué nombrado Secretario del Departamento de Investigaciones Científicas e Industriales. En la actualidad es Rector y Vice-Canciller de la Universidad de Edimburgo. Sus investigaciones se han relacionado principalmente con el estudio de la atmósfera superior por medio de las ondas hertzianas, habiendo dirigido una expedición británica (1932-33) a Tromsö, Noruega septentrional, para estudiar los efectos de la aurora boreal sobre la radiotransmisión. En 1926 descubrió la capa atmosférica ionizada que lleva su nombre y cuya existencia hace posible la radiocomunicación a largas distancias. Presidente Honorario de la Unión Internacional Científica de Radio. Ganador de la Medalla Hughes de la *Royal Society* en 1933 y del Premio Nobel de Física en 1947. Miembro del Comité de Asesoramiento Científico del Ministerio de Guerra Británico, fué uno de los grandes impulsores de los trabajos científicos en la Gran Bretaña durante la pasada guerra.

D. W. F. HARDIE

Nació en St. Andrews en 1906 y estudió en el *Madras College* y en la Universidad de St. Andrews. Desde 1933 pertenece al personal de Imperial Chemical Industries Limited. Sus publicaciones incluyen *A History of the Chemical Industry in Widnes*, y numerosas obras biográficas y tecno-históricas. Su *Handbook of Modern Breton (Armorican)*, publicado en 1948, es un texto clásico sobre la rama continental de las lenguas célticas.

A. FREY-WYSSLING

Nació en Küsnacht, Zurich, y estudió ciencias naturales en la Escuela Técnica Superior de Zurich y óptica en Jena. Es uno de los iniciadores de la morfología submicroscópica, mucho antes de que el microscopio electrónico se utilizase en la biología. Es en la actualidad Director de los Laboratorios de Botánica General y Electronmicroscopía de la Escuela Técnica Superior.

H. MUNRO FOX

Nació en 1889 y estudió en el *Gonville and Caius College*, Cambridge. Su principal interés en la investigación se encuentra en la fisiología de los invertebrados acuáticos. Ha sido Catedrático de Zoología de la Universidad de Birmingham y en *Bedford College*, Universidad de Londres; en la actualidad es Catedrático de Fisiología de la *Royal Institution*. Durante 29 años ha sido Director de *Biological Reviews*. Ex-Presidente de la Unión Internacional de Ciencias Biológicas y Presidente Honorario de la *London Natural History Society*.